

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE CLERMONT
ANNÉE 1960

N° d'ordre 27
Série E

THÈSES

présentées pour obtenir
LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

par

Robert GIRAUDON

DEUXIÈME THÈSE :

Le complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy et son cadre géologique dans la région de Manakara à Madagascar

Soutenues publiquement le 28 septembre 1960 devant la Commission d'examen

JURY

MM. ROQUES	Président
P. LAPADU-HARGUES	} Examinateurs
J.-M. PETERLONGO	

G. DE BUSSAC
CLERMONT-FERRAND

*Publié dans les Mémoires
du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*

THÈSES

présentées pour obtenir
LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

par

Robert GIRAUDON

DEUXIÈME THÈSE :

Le complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy et son cadre géologique dans la région de Manakara à Madagascar

Soutenues publiquement le 28 septembre 1960 devant la Commission d'examen

JURY

MM. ROQUES Président

P. LAPADU-HARGUES }
J.-M. PETERLONGO } Examineurs

G. DE BUSSAC
CLERMONT-FERRAND

*Publié dans les Mémoires
du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*

UNIVERSITÉ DE CLERMONT
FACULTÉ DES SCIENCES

DOYEN

M. RÉMY, Chimie industrielle.

DOYENS HONORAIRES

MM. DUBOIS, Physique.
HOVASSE, Zoologie.
DELANGE, Professeur à la Sorbonne.

ASSESEUR

M. DUBOIS, Physique.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. JUNG, Professeur à la Sorbonne.
MANDELBROJT, Professeur au Collège de France.
GAUTHIER, Maître de Conférences honoraire.
DELANGE, Professeur à la Sorbonne.

PROFESSEURS

MM. DUBOIS, Physique.
HOVASSE, Zoologie.
CHAZE, Botanique.
RAMBAUD, Chimie minérale.
RÉMY, Chimie industrielle.
BLANC, Mécanique rationnelle.
ROQUES, Géologie et Minéralogie.
LAPADU-HARGUES, Minéralogie.
TRUFFAUD, Chimie industrielle.
LUTZ, Zoologie.
RAOULT, Physique.
SAMUEL, Calcul différentiel.
KRASNER, Algèbre supérieur.
CHAMPAGNAT, Botanique.
DUPLESSIS-KERGOMARD, Chimie.

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. COMBES, Physique.
PARIAUD, Chimie-Physique.
AVAN, Physique.

MAITRES DE CONFÉRENCES

Mme HENNEQUIN, Mathématiques.
Mlle BERTHET, Physique.
M. DE PUYTORAC, Biologie.
Mme AVAN, Physique.
M. HENNEQUIN, Mathématiques.
Mme LAFOND, Mathématiques.
MM. PETERLONGO, Géologie.
DELOST, Physiologie animale.
LOISEAU, Botanique.

SECRÉTAIRE PRINCIPAL

M. BRETAGNE.



II

LE COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE
DE L'IHARANDAHY
ET SON CADRE GÉOLOGIQUE
DANS LA RÉGION DE MANAKARA

SOMMAIRE

	Pages
<i>Résumé</i>	163
INTRODUCTION	165
<i>A.</i> — Travaux antérieurs.....	165
<i>B.</i> — Aperçu géographique sur la région d'Ankarimbelo-Ifanirea	165
<i>Chapitre Premier</i>	
LE CADRE GÉOLOGIQUE DU COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE	
DE L'IHARANDAHY.....	167
<i>A.</i> — Stratigraphie des schistes cristallins	167
<i>B.</i> — Etude pétrographique de la série de Tolongoina	168
<i>C.</i> — Etude pétrographique de la série de Vondrozo	170
<i>D.</i> — Origine probable des différentes séquences	172
<i>E.</i> — Zonéographie des schistes cristallins	173
<i>F.</i> — Granites anciens	174
<i>G.</i> — Tectonique.	174
<i>H.</i> — Ressources minérales.	175
<i>Chapitre II</i>	
LE VOLCANISME CRÉTACÉ.	177
<i>A.</i> — Filons diabasiques	177
<i>B.</i> — Coulées volcaniques	178
<i>Chapitre III</i>	
LE COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE DE L'IHARANDAHY.....	179
<i>A.</i> — Localisation	179
<i>B.</i> — Le massif gabbro-akéritique.....	180
<i>C.</i> — Les roches filoniennes.....	182
<i>D.</i> — Pétrographie des roches du massif.	183
<i>E.</i> — Pétrographie des roches filoniennes	188
<i>F.</i> — Caractères magmatiques des roches du complexe.....	193
<i>G.</i> — Essai de chronologie.....	196
CONCLUSION	199
BIBLIOGRAPHIE	201
PLANCHES HORS-TEXTES :	
FIGURES.....	203
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.....	209
RÉPERTOIRE DES TABLEAUX D'ANALYSES ET DE PARAMÈTRES	215
RÉPERTOIRE DES PLANCHES HORS-TEXTE	215
TABLE DES MATIÈRES.	217
	161

RÉSUMÉ

A l'Ouest de Manakara, le socle cristallophyllien est séparé de la mer par des coulées volcaniques qui forment une bande côtière large d'environ 15 km. Les laves qui constituent ces coulées sont des basaltes, des dellénites et des dacitoïdes dont l'épanchement fissural daterait du Crétacé moyen. Leurs caractères magmatiques les rangent dans la série Pacifique.

Les formations du socle, dont nous avons reconnu l'extension jusqu'à 80 km à l'intérieur (feuilles Ankarimbelo et Ifanirea au 1/100 000), appartiennent pour leur plus grande part au Groupe d'Ifanadiana (Système du Graphite, 2 600 millions d'années). Ce groupe a été subdivisé en deux séries: la Série de Tolongoïna, à l'Ouest, en position synclinale, paragneissique, catazonale et peu migmatisée; la Série de Vondrozo, à l'Est, en position anticlinale, essentiellement migmatitique. Plusieurs granitisations se sont ensuite succédées jusqu'au Cambrien.

Le complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy (ou « Complexe de la Manama »), situé 60 km à l'Ouest de Manakara, est un appareil subvolcanique intrusif dans le groupe d'Ifanadiana. Il comprend un massif constitué par un noyau gabbroïque (eucrites, allivalites) de 100 km carrés, ceinturé plus ou moins fidèlement par des granites monzonitiques ou akéritiques et un cortège de filons qui renferme des roches grenues, microgrenues et microlitiques (microdiorites, labradorites, syénites néphéliniques, essexites, microessexites et mafraïtes). Le mode de gisement du massif peut se concevoir comme des cylindres ou des cônes qui se seraient emboîtés à la suite d'une différenciation magmatique en profondeur. En réalité, nous avons séparé deux séries magmatiques: une série Atlantique alcalino-calcique, qui se rapporte au massif et à certains filons et une série Atlantique alcaline qui ne comprend que des roches néphéliniques et filoniennes. Le fait que le complexe de l'Iharandahy soit intrusif dans le Groupe d'Ifanadiana, granitisé tardivement, lui assure déjà un âge post-cambrien. Mais son caractère subvolcanique, sa structure annulaire, les analogies pétrographiques qui le lient aux édifices volcaniques post-liasiques ou néogènes du Nord-Ouest de Madagascar (Cap Saint-André, Ankaizina) et de la côte orientale (région de Vatoman-dry), permettent de penser que sa mise en place a débuté au Crétacé supérieur pour se terminer au Néogène.

INTRODUCTION

AU cours de mes trois années de séjour à Madagascar, j'ai reçu pour mission de procéder au lever géologique et à la prospection des coupures au 1/100 000 dont la localisation figure sur la carte de la planche 1. Dans ce fascicule, nous présenterons une étude de la région de Manakara (feuilles Ankarimbelo-Ifanirea (O.P.-55)), axée sur le complexe gabbro-syéénitique de l'Iharandahy (1) dont nous examinerons successivement le cadre géologique, la pétrographie et les caractères magmatiques.

A. — TRAVAUX ANTÉRIEURS

En 1923, A. LACROIX, donne quelques renseignements sur des gabbros, une troctolite et diverses laves recueillis au Sud d'Ankarimbelo. En 1928, il publie une note relative à des syénites néphéliniques et à des microessexites provenant de la même région. En 1951, R. MOUFLARD, dresse une carte géologique de reconnaissance au 1/200 000 de toute la région inscrite entre Manakara et Ambalavao. La cartographie du Sud-Est de Madagascar a été reprise en 1957 par une équipe de géologues comprenant J. BOULANGER, M. BERTUCAT, J. MARCHAL, M. RANTOANINA, A. SAUTERON, J. CONSTANT et moi-même. Il en a résulté la publication, en 1958, d'une carte au 1/100 000 explicitée dans « Géologie et Prospection de la région côtière Sud-Est de Madagascar », par J. BOULANGER.

B. — APERÇU GÉOGRAPHIQUE SUR LA RÉGION D'ANKARIMBELO-IFANIREA

Orographie. — Cette région, d'une largeur totale de 70 km, peut être divisée d'Est en Ouest en trois bandes parallèles orientées N-S.

— Une zone côtière de faible altitude et de relief peu accusé où les fonds de vallée sont marécageux.

— Une zone de collines dont l'altitude croît progressivement vers l'Ouest et qui est entaillée par le réseau hydrographique.

— Une zone de hauts-plateaux d'où émergent quelques pitons qui culminent entre 1 000 et 1 300 mètres (monts Iharandahy : 1 065 m, Lomaka : 1 225 m, Ankarasada : 1 306 m).

(1) Encore appelé « Complexe de la Manama » (J. BOULANGER, 1958).

Hydrographie. — La région, très arrosée, est drainée par un chevelu hydrographique dense qui converge vers le fleuve Matitanana. Ce fleuve, qui ne prend sa source qu'à 75 kilomètres de la côte, roule cependant un débit important que la saison des pluies augmente encore dans des proportions considérables. Ses principaux affluents sont : sur la rive gauche, la Maintimbahitra, la Sahadranto et la Sandrananta, sur la rive droite, la Manama et la Rienana.

Végétation. — La zone côtière est couverte de vastes étendues herbeuses coupées de marais où prolifèrent les « via » (*Typhonodorum lindleyanum*).

— Sur les collines s'étale une forêt secondaire où domine l'arbre du voyageur. Cette forêt est interrompue par des zones broussailleuses ou herbeuses qui sont le résultat d'incendies répétés.

— Sur les hauts-plateaux, la forêt ombrophile primaire dense, impénétrable et infestée de sangsues est restée à peu près inexplorée.

Climatologie. — En toute saison, le climat est chaud et humide. Les pluies sont très abondantes de décembre à avril, tandis qu'en octobre et novembre, on observe une sécheresse toute relative.

Géographie humaine. — Les Antaimoro peuplent la zone côtière, les Tanala la région des collines et les rares habitants du plateau forestier sont des Betsileo.

Géographie économique. — Les ressources de cette population sont essentiellement agricoles : caféiculture sur les terrasses alluviales et riziculture.

Voies de communication. — Deux pistes utilisables seulement en saison sèche relient Ankarimbelo d'une part à la côte est, et d'autre part à Ifanadiana par Fort-Carnot.

CHAPITRE PREMIER

LE CADRE GÉOLOGIQUE DU COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE DE L'IHARANDAHY

LE complexe de l'Iharandahy comprend un massif gabbro-akéritique, qui occupe une surface d'environ 120 kilomètres carrés au centre de la feuille Ankarimbelo (planche 2), et un réseau de filons syénitiques. Il est intrusif dans les schistes cristallins constitués de migmatites et de gneiss graphiteux qui appartiennent typiquement au Système du Graphite du Précambrien malgache. C'est l'étude de ce cadre géologique qui fera l'objet du premier chapitre.

A. — STRATIGRAPHIE DES SCHISTES CRISTALLINS

La totalité des terrains cristallophylliens des feuilles Ankarimbelo-Ifanirea appartiennent au groupe d'Ifanadiana (Système du Graphite) défini par H. DE LA ROCHE (1952) au Nord de la région qui nous intéresse. En 1958, J. BOULANGER a subdivisé ce groupe en deux séries :

— La série de Tolongoina, qu'il décrit comme un ensemble de gneiss graphiteux à niveaux hyperalumineux et de gneiss charnockitiques se présentant en position synclinale à l'Est du complexe granitique de l'Andringitra.

— La série de Vondrozo, constituée par un ensemble de gneiss et de migmatites qu'il place en position anticlinale à l'Est de la série de Tolongoina.

La Série de Tolongoina. — Elle couvre les 3/4 occidentaux de la feuille Ankarimbelo, à l'exception de l'aire qu'occupe le complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy (planche 2). Elle se poursuit vers le Sud, jusqu'à Vangaindrano où une inflexion vers l'Est augmente sa largeur. Plus au Sud encore, entre Ranomena et Vangaindrano, elle passe en continuité au « complexe charnockitique de Ranomena », défini et étudié successivement par H. BESAIKIE (1948), J. MARCHAL et H. DE LA ROCHE (1957). Vers le Nord, elle se prolonge, selon J. BOULANGER, au delà du Mananjary, jusqu'à Brickaville. Cependant, l'appellation de série de Tolongoina n'a pas été retenue dans les récentes études effectuées au Nord du Mananjary.

La Série de Vondrozo. — Elle couvre le quart oriental de la feuille Ankarimbelo et la totalité de la feuille Ifanirea. D'après J. BOULANGER, la série de Vondrozo se prolongerait vers le Nord, mais, là encore, l'appellation n'a pas été conservée au delà du Mananjary. Vers le Sud, la série de Vondrozo s'infléchit doucement vers l'Est et disparaît sous la couverture basaltique côtière, à hauteur de Vangaindrano.

B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DE LA SÉRIE DE TOLONGOINA

Cette série est constituée à sa base, sur une largeur moyenne de 15 km, de roches alumineuses (kinzigites, khondalites) interstratifiées dans des roches quartzofeldspathiques (migmatites). Au sommet, les migmatites deviennent prépondérantes tandis qu'apparaissent des niveaux de roches calciques épais de quelques dizaines de mètres (pyroxénites à diopside) et de roches hypersiliceuses (quartzites blancs). Les roches ferromagnésiennes (amphibolopyroxénites et quartzites à magnétite) ne jouent qu'un rôle secondaire.

1) LES ECTINITES.

Gneiss à biotite. — Ils s'allongent dans la zone de la falaise en une bande subméri-dienne, interrompue par le complexe intrusif de l'Iharandahy. Ils sont associés avec des migmatites à biotite sans qu'il y ait de limite franche entre ces deux types de roche.

Le faciès le plus courant est un gneiss leucocrate à texture rubannée, moyennement chargé en biotite, avec parfois des concentrations de graphite. Dans des gneiss plus alumineux, la biotite devient dominante, donnant des roches foliées mélanocrates, où la sillimanite forme un feutrage de fines aiguilles blanches entre les lits de mica. De tels gneiss contiennent souvent du grenat et parfois de la cordiérite en nodules d'un beau violet pâle. M. BERTUCAT (1958) en a recueilli des échantillons d'une grande fraîcheur sur la feuille Karianga, où il signale leur passage à des micaschistes, mais dans la feuille Ankarimbelo, les faciès hyperalumineux paraissent être moins développés. Au Sud de la vallée de la Rienana, dans la région de Mita-Ankazovelona, on rencontre des gneiss riches en gros grenats roses (kinzigites, M. FISCHER, 1860) et des gneiss pauvres en mica, à sillimanite, grenat et graphite (khondalites, L. FERMOR, 1902).

Au microscope, on trouve les associations minérales suivantes :

Quartz, oligoclase-andésine (microline), biotite (graphite).

Quartz, oligoclase-andésine, orthoclase, grenat, biotite (graphite).

Quartz, oligoclase-andésine, orthoclase, grenat, sillimanite, biotite (graphite).

La structure est granoblastique. La présence de quartz de néoformation est fréquente. Dans le cas particulier des kinzigites, les grenats forment des grandes plages automorphes colorées en rose très pâle. Enfin, on relève parfois des minéraux secondaires d'altération telles que la calcite et la chlorite.

Gneiss à hypersthène. — Ils forment des bancs larges de quelques centaines de mètres, interstratifiés dans les migmatites ou dans les autres gneiss, dans la zone médiane de la feuille Ankarimbelo (vallée de la Maintimbahitra, région de Moroteza). Ils prennent fréquemment le faciès malgachitique dont la couleur sombre masque leur caractère leucocrate. Leur structure est granoblastique et nous avons noté les associations minérales suivantes :

Quartz, oligoclase, biotite, pyroxène, zircon, minéral.

Quartz, perthite, oligoclase, hypersthène, hornblende verte (peu), apatite, minéral.

Gneiss à amphibole. — Bien que rares dans la série de Tolongoina, ils y apparaissent en septa dans les migmatites du quart Nord-Ouest de la feuille Ankarimbelo. Ce sont des roches grises à structure granoblastique, composées le plus souvent de quartz, andésine, hornblende verte, apatite, zircon et minéral.

Quartzites. — Nous considérerons deux sortes de quartzites :

— Des quartzites blancs (itacolumites), sans minéralisation aucune, d'aspect saccharoïde, contenant exceptionnellement quelques paillettes de graphite. Dans le tiers occidental de la feuille Ankarimbelo, ils forment des bancs et des loupes qui se relayent dans un même niveau stratigraphique et dont l'épaisseur ne dépasse pas dix mètres.

— Des quartzites à magnétite, rares, qui se présentent en bancs courts et étroits, dans la partie médiane de la feuille Ankarimbelo, au Sud du complexe intrusif de l'Iharandahy.

Pyroxénoamphibolites. — Ce sont des roches mélanocrates, noires ou vert sombre, que l'on trouve associées aux quartzites à magnétite et aux migmatites, en petits bancs larges de plusieurs mètres, dans la partie médiane de la feuille Ankarimbelo. (Elles sont assez abondantes dans les régions d'Ambalavero et de Vohibreka). Bien que de composition minéralogique variable, on y trouve constamment l'association hypersthène, hornblende verte, plagioclase (andésine). Il s'y ajoute parfois du quartz, du diallage, de la biotite et accessoirement de l'apatite et du minéral. La texture est orientée, le grain de la roche petit, la structure hétéroblastique : les plages de pyroxène et d'amphibole sont xénomorphes, échancrées par de larges golfes de corrosion et contiennent des inclusions graphiques de feldspath. Le quartz, quand il est présent, a une origine métasomatique. Les plagioclases peuvent être zonés.

Pyroxénites calcomagnésiennes. — Claires, de couleur jaune-gris, elles échappent facilement à l'attention du géologue par leur ressemblance avec des roches quartzofeldspathiques. Le diamètre des grains est de l'ordre de quelques millimètres. Ces pyroxénites forment des bancs ou des lentilles épaisses de quelques dizaines de mètres, qui, dans le tiers occidental de la feuille Ankarimbelo (vallée de la Rienana et au pied du mont Lomaka), se suivent en chapelet dans plusieurs niveaux stratigraphiques. Elles contiennent du diopside, qui, volumétriquement, peut constituer jusqu'à 90 % de la roche, du mica phlogopite et des plagioclases basiques (bytownite, anorthite) ; la calcite et le sphène ne sont pas toujours présents. De petits cristaux de zircon peuvent se développer dans les plages de phlogopite. La structure est granoblastique.

La migmatisation a, dans certains cas, transformé ces pyroxénites et l'association minérale devient :

Quartz, microcline (abondant), bytownite-anorthite, diopside, hornblende verte, biotite, sphène, apatite, pyrite.

Le diopside est échancré de larges golfes de corrosion et tous les minéraux sont moulés par le microcline. La structure est alors hétéroblastique.

2) LES MIGMATITES.

Elles jouent, avec les gneiss, un rôle prépondérant dans la constitution de la série de Tolongoina. À la base de cette série, elles forment des bancs puissants de 1 à 2 km, plus ou moins réguliers, qui s'intercalent entre les gneiss. Au sommet de la série, notamment dans le Nord-Ouest de la feuille Ankarimbelo, elles deviennent dominantes et les autres faciès n'apparaissent plus qu'en septa. Ce sont des roches leucocrates, de couleur grise, jaunâtre ou rosée, et elles présentent des différences de texture qui nous ont permis de les classer :

— Migmatites rubanées : à ce type appartient la majeure partie des migmatites de la série de Tolongoina. Le rubanement est dû à l'alternance des lits quartzofeldspathiques et des lits de biotite.

— Migmatites granitoïdes : les micas ne forment plus des lits réguliers mais l'apla-

tissement des quartz conserve une texture orientée à la roche. Les migmatites granitoïdes constituent des bancs épais de quelques mètres interstratifiés dans les autres faciès de migmatites.

— Migmatites amygdalaires : elles sont connues seulement en quelques points, au Nord d'Ankarimbelo.

Toutes ces roches ont des compositions minéralogiques voisines : les éléments dominants sont le quartz, le microcline et le plagioclase (oligoclase). Les ferromagnésiens, toujours secondaires sont la biotite (qui peut être accompagnée de muscovite) et rarement la hornblende verte. Les bourgeons de myrmékite et les micropegmatites n'existent que dans certaines roches. Le minéral accessoire le plus courant est le zircon et quelques migmatites granitoïdes renferment de l'orthite.

— Migmatites à composition syénitique : ce sont des roches leucocrates à texture orientée, qui forment des bancs concordants, larges de quelques centaines de mètres, interstratifiés dans les gneiss et les migmatites rubanées. Le plus important de ces bancs prend naissance dans la feuille Karianga où il a été cartographié par M. BERTUCAT (1958) et il vient buter contre les gabbros du complexe intrusif, au pied même du signal de l'Iharandahy.

Le microscope montre une roche composée surtout de microcline (en grandes plages xénomorphes), d'un peu de quartz et d'oligoclase dans lequel se développent de gros bourgeons de myrmékite. L'apatite est anormalement abondante, tandis que la biotite n'est qu'accessoire. Nous supposons que ces roches correspondent à des culminations du potassium au cours de la migmatisation. Par leur texture et leur composition, elles dénotent une différence fondamentale avec les syénites intrusives du complexe de l'Iharandahy.

C. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DE LA SÉRIE DE VONDROZO

Des migmatites composent presque entièrement cette série. Il s'y intercale en septa de puissance réduite (quelques dizaines de mètres) des gneiss feldspathiques à amphibole et des roches ferromagnésiennes (amphibolopyroxénites, quartzites à magnétite).

1) LES MIGMATITES.

Nous étudierons leurs différents types par ordre d'importance :

— Migmatites à texture nébulitique : elles occupent, dans la partie médiane de la feuille Ifanirea, une bande subméridienne large de 10 à 15 km. Ce sont des roches gris clair, très quartzofeldspathiques, dont la schistosité irrégulière justifie le nom que nous leur avons donné. Les plis symmigmatitiques y sont fréquents et peuvent se repérer sur toute l'étendue visible des affleurements. Cette texture n'est pas sans analogie avec celle que M. ROQUES (1941) décrit pour les anatexites du Massif Central français. L'étude microscopique révèle une structure hétéroblastique et une composition minéralogique à peu près constante :

Quartz, microcline, plagioclase (myrmékite), biotite, muscovite.

La chlorite d'altération, le sphène, l'apatite, le zircon et la magnétite sont accessoires. Le microcline n'a parfois qu'une importance secondaire mais le quartz joue toujours un rôle essentiel.

— Migmatites rubanées ou amygdalaires : leucocrates, plus souvent rubanées qu'amygdalaires, on les rencontre à l'Est et à l'Ouest des précédentes où elles accompagnent des migmatites à amphibole. Très siliceuses, peu potassiques, elles montrent au microscope de nombreux bourgeons de myrmékite. Le plagioclase est acide (oligoclase). La biotite est le ferromagnésien essentiel.

— Migmatites à amphibole et biotite : elles affleurent suivant une bande subméri-dienne large environ de 2 km qui passe par Ifanirea. On les retrouve encore dans la région de Tanandava, à l'Ouest du Mont Vohitokana et au Sud de Mamolifoly. Moins leucocrates que les types précédents, elles ont une couleur grise lorsqu'elles n'ont pas subi d'altération. Les lits de ferromagnésiens y sont souvent discontinus et la foliation de la roche n'apparaît pas toujours clairement. Elles contiennent du quartz, de l'oligoclase, de la hornblende verte et de la biotite. Le microcline et la myrmékite peuvent manquer. L'épidote, le sphène, l'apatite, le zircon et la magnétite accompagnent presque toujours ces minéraux.

— Migmatites granitoides : comme dans la série de Tolongoina, elles forment des bancs épais de quelques mètres au maximum, tels qu'on peut en voir interstratifiés dans des migmatites rubanées sur la falaise qui domine la route, 4 km environ à l'Est d'Ifanirea. Elles sont très leucocrates et peu orientées. Excepté une grande pauvreté en ferromagnésiens, leur composition est analogue à celle des autres types de migmatites. Quelques unes d'entre elles renferment du grenat, d'autres de l'épidote.

2) LES ECTINITES.

Elles n'apparaissent qu'en septa étroits dans les migmatites.

Gneiss. — Dans la série de Vondrozo, il est difficile de trouver des gneiss exempts de métasomatose ; de ce fait, toute démarcation entre gneiss et migmatites sera forcément arbitraire. Nous avons séparé :

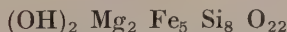
— Des gneiss à amphibole et biotite : ils contiennent toujours du quartz, de l'oligoclase (ou de l'andésine) et souvent de l'épidote, du sphène, de l'apatite et du zircon. La calcite est un produit d'altération. Ils sont plus riches en ferromagnésiens et plus sombres que les migmatites, bien qu'ils restent très quartzofeldspathiques.

— Des gneiss à biotite : plus leucocrates que les précédents dont ils diffèrent par l'absence d'amphibole, ils sont assez rares. Dans quelques cas, nous avons noté la présence de grenat et l'association orthose-biotite.

Quartzites. — Comme dans la série de Tolongoina, nous avons distingué :

— Des quartzites blancs, sans autre minéralisation que de rares paillettes de graphite. Ils forment quelques bancs de faible épaisseur (1 ou 2 mètres).

— Des quartzites à magnétite : leur abondance est caractéristique de la série de Vondrozo. Sous forme de bancs ou de lentilles dont l'épaisseur varie de 1 à 10 mètres, ils s'allongent sur plusieurs centaines de mètres, voire sur plusieurs kilomètres, interstratifiés dans les migmatites. On y observe l'alternance de lits quartzeux à éclat vitreux et de lits de magnétite, mais, sur certains échantillons, l'ensemble de la roche est noire et il n'apparaît aucune orientation. Le quartz et la magnétite sont accompagnés le plus souvent d'hypersthène, rarement de cummingtonite et de hornblende verte. La cummingtonite, associée à la magnétite, est xénomorphe ; elle présente des macles polysynthétiques suivant hl. De ses caractères optiques ($2V = 78^\circ$), J. BOULANGER (1958) déduit d'après les courbes de A.N. WINCHELL (1951) sa teneur en grünerite (70 % environ), ce qui correspondrait approximativement à la formule suivante :



Le grenat s'ajoute souvent à ces différents minéraux et assure le passage à des grenatites lorsqu'il devient prépondérant. A. LACROIX (1923) signale dans des roches analogues des pseudomorphoses ferrugineuses d'amphibole et de pyroxène.

Amphibolopyroxénites. — Ce sont des roches noires ou vert sombre, souvent feldspathiques, massives et résistantes. Elles montrent un mode de gisement analogue à celui des quartzites à magnétite auxquels elles peuvent être associées. La composition minérale la plus courante est :

Andésine-labrador, hypersthène, hornblende verte, magnétite.

F. — GRANITES ANCIENS

Ils ne rentrent qu'en faible part dans la constitution du vieux socle :

Granites à gros éléments. — Ils sont pauvres en ferromagnésiens et passent souvent à des pegmatites. Nous les avons trouvés surtout au Nord du complexe intrusif de l'Iharandahy, associés à des migmatites au sein desquelles ils constituent des accidents. Le microcline et la myrmékite y prennent un grand développement tandis que les ferromagnésiens se limitent à quelques rares plages de biotite parfois accompagnées d'un peu de muscovite.

Granites tardimigmatiques. — Ils se rapprochent par certains de leurs caractères des granites définis par M. ROQUES (1941) à Cornil, dans le Massif Central français. Ce sont des roches grises, à grain fin, qui se présentent dans les migmatites en petits filons irréguliers, tantôt concordants, tantôt discordants. Le microcline y est abondant ainsi que la myrmékite ; le plagioclase a un rôle secondaire, la biotite, abondante, est toujours associée à un peu de muscovite ; l'allanite est présente dans quelques cas. Selon M. ROQUES, ce genre de granite correspond à une phase tardive de la migmatisation.

Granites « Ambatomiranty ». — Le type en a été pris par L. DELBOS (1957) dans la région de Tananarive. Ce sont des granites mésocrates qui forment des dykes de plusieurs kilomètres de long. Résistants à l'altération, ils se désagrègent en blocs arrondis, facilement repérables dans le paysage où ils apparaissent en relief. Dans le Nord-Ouest de la feuille Ankarimbelo, ils constituent deux alignements importants (planche 2). Leur composition minéralogique est la suivante :

Quartz, microcline plus ou moins abondant, plagioclase, biotite (pyroxène altéré), sphène abondant, apatite, zircon.

Granites à orthite. — Leucocrates orientés et interstratifiés en bancs dans les schistes cristallins, ils ont donné un âge apparent de 550 millions d'années et représentent l'ultime granitisation du socle.

G. — TECTONIQUE

Tectonique souple. — Nous avons vu que la série de Tolongoina reposait en position synclinale sur la série de Vondrozo. En réalité, la série de Tolongoina forme un synclinorium à l'intérieur duquel on distingue une succession de petits synclinaux et anticlinaux ouverts qui sont limités, au Sud du complexe intrusif de l'Iharandahy, par des fermetures périclinales. L'axe du synclinorium NNE-SSW prend en écharpe la feuille Ankarimbelo et passe par le village de Moroteza. Il est interrompu sur quelques kilomètres par les intrusions de l'Iharandahy.

La série de Vondrozo forme un anticlinorium aux plis très pincés et subméridiens qui s'évasent progressivement vers le Sud. L'axe de cet anticlinorium se situe à peu près à égale distance des villages d'Ankarimbelo et d'Ifanirea.

Tectonique cassante. — La tectonique cassante ancienne a été complètement oblitérée par les derniers cycles de migmatisation. La tectonique cassante récente (qui peut d'ailleurs avoir emprunté des directions anciennes) apparaît à l'étude photogéologique. Sur le terrain, elle ne donne pas de mylonites mais des fractures ouvertes par lesquelles sont montées des laves. Les fractures principales sont plus ou moins parallèles à la côte et se confondent souvent avec la schistosité. Les fractures secondaires dessinent des séries de croissants orientés Est-Ouest, emboîtés les uns dans les autres, dont la convexité est tournée vers le Sud. Leur direction moyenne est N 60° W sur la feuille Ankarimbelo et N 40° E sur la feuille Ifanirea.

H. — RESSOURCES MINÉRALES

Les indices actuellement connus ne présentent aucun intérêt économique et les petites exploitations qui fonctionnaient autrefois, à un rythme artisanal, ont aujourd'hui disparu.

Le graphite est abondant dans la région de la falaise où il se présente en paillettes dans des gneiss ou des migmatites arénisées. De petites carrières, ouvertes dans les zones d'enrichissement, fournissaient un minerai qui était concentré sur place, suivant des méthodes archaïques.

L'or est présent partout à l'état de traces et son exploitation se pratiquait par orpillage, dans les alluvions de quelques rivières (Rienana, Matitanana, Sahandranto, etc...). Nulle part, les concentrations et les réserves ne sont suffisantes pour justifier des travaux importants.

Tous les autres minéraux identifiés correspondent à des indices sans valeur économique : le corindon, trouvé en petits cristaux automorphes, près de Moroteza (feuille Ankarimbelo) ; la fergusonite et l'euxénite en éluvions au milieu de blocs de quartz, près du mont Masomahitra (feuille Ifanirea) ; la thorianite, présente dans quelques concentrés de sables lourds prélevés dans la feuille Ifanirea (le gisement primaire n'est pas connu) ; la monazite, le zircon et le rutile en grains roulés, qui constituent un infime pourcentage de presque tous les sables alluviaux. Quant aux quartzites à magnétite, ils donnent un minerai de fer de mauvaise qualité dont les gisements sont de petites lentilles disséminées dans toute la feuille Ifanirea.

CHAPITRE II

LE VOLCANISME CRÉTACÉ

SUR toute l'étendue des feuilles Ankarimbelo-Ifanirea, les schistes cristallins sont traversés par de très nombreux filons diabasiques tandis que des coulées basaltiques et rhyolitiques couvrent la presque totalité de la bande de terre comprise entre la limite orientale de la feuille Ifanirea et le littoral. Nous donnerons quelques précisions sur ce volcanisme qui, comme cela apparaîtra plus loin, doit être différencié des intrusions du complexe de l'Iharandahy.

A. — FILONS DIABASIQUES

Nous avons groupé sous cette rubrique les dykes doléritiques épais de plusieurs mètres et les innombrables filons basaltiques de faible puissance (généralement quelques dizaines de centimètres) qui traversent les schistes cristallins dans les feuilles Ankarimbelo et Ifanirea avec une fréquence qui diminue d'Est en Ouest. Ces dykes et filons sont orientés suivant des directions souvent subméridiennes qui coïncident avec celles de la tectonique cassante de la région. A la suite de P. BRENON (1957), nous admettrons qu'ils correspondent à un remplissage de fractures ouvertes qui auraient joué au Crétacé mais dont certaines existaient déjà à une époque ancienne.

Ces roches basiques contiennent du labrador, de l'augite, de la magnétite et de la chlorite d'altération. L'olivine en petites plages serpentinisées est exceptionnelle. Nous n'avons jamais observé d'ouraltisation des pyroxènes et la hornblende brune, lorsqu'elle est présente, est toujours primaire. La texture montre parfois une tendance porphyrique lorsque de petits phénocristaux de plagioclase apparaissent dans la pâte des basaltes. La structure est micro-litique ou intersertale, moins souvent doléritique holocristalline.

Nous devons signaler enfin les descriptions que donne A. LACROIX (1923) de deux roches filoniennes provenant de la vallée de la Rienana :

— Une microdiorite quartzique à composition de kersantite, localisée très vaguement (Sud de la Rienana) et dont nous n'avons trouvé aucun équivalent (analyse 58 — paramètres CIPW : II (III). 4 (5). (2) 3. 4 — paramètres de Niggli : si = 151,3 ; al = 20,4 ; fm = 43,8 ; c = 23,3 ; alk = 12,6).

— Un basalte ancien à faciès porphyrique passant à un type diabasique, en provenance d'Antanankarena (?). Ses caractères magmatiques ne diffèrent pas de ceux des autres filons diabasiques de la côte Est malgache (analyse 370 — paramètres CIPW : III. 5. 3'. 4 — paramètres de Niggli : si = 118,2 ; Al = 20,8 ; fm = 46,0 ; c = 24,6 ; alk = 8,7).

B. — COULÉES VOLCANIQUES

Entre les villes côtières de Vangaindrano et de Mahanoro espacées de 450 km, elles forment une bande dont les laves qui s'étalent à l'Est de la feuille Ifanirea (sur une largeur moyenne de 15 km) ne représentent qu'un tronçon. Un sondage effectué à Manakara les a traversées sur 125 m sans en atteindre la base. Elles sont constituées par des basaltes au milieu desquels émergent des laves acides qui forment du Nord au Sud une chaîne de petites collines longue de 20 km. L'une de ces collines, le Vohiloza (138 m), située à la limite des feuilles Evato, Ifanirea et Manakara, affecterait, selon H. PERRIER DE LA BATHIE, la forme d'un cône volcanique (?). Le Vohiloza est constitué par un dacitoïde oligoclasique, dont A. LACROIX donne une analyse (an. 496) et dont voici les paramètres : paramètres CIPW : I (II). 3'. (1) 2. (3) 4. Paramètres de Niggli : si = 343 ; al = 29 ; fm = 30 ; c = 16 ; alc = 25.

Ces laves acides et basiques sont analogues à celles qu'ont décrites au Nord du Mananjary J. GUIGUES (1950, massif du Sakanila), A. LENOBLE et H. DE LA ROCHE (1937 et 1951, grandes coulées de la Masoro et du Sakaleona). Ces auteurs ont pu observer en plusieurs points que dellénites, dacitoïdes et basaltes étaient recouverts transgressivement par des sédiments datés du Campanien-Maëstrichtien. Par analogie avec la côte occidentale, A. LENOBLE a proposé une chronologie qui situe au Crétacé moyen l'apparition des roches acides, antérieure ou postérieure, selon les auteurs, à l'émission des basaltes. Ce volcanisme crétacé est de *type fissural*, en liaison avec les nombreux dykes situés à l'Ouest des coulées.

Tableau I

CARACTÈRES MAGMATIQUES DES FILONS DIABASIQUES ET DES ROCHES VOLCANIQUES CRÉTACÉES
DE LA CÔTE EST DE MADAGASCAR
(d'après P. BRENON, 1957).

	Roches émises	Indice de PEACOCK	Indice de J. JUNG	Isofalie	Séries
Filons diabasiques (1)	Basaltes	56,3	222	al = fm = 31,5 c = 22 ; alk = 15 si = 174	Limite de la série Pacifique calcoalcaline
	Dolérites				
Coulées volcaniques	Rhyolites Dellénites Dacites Sakalavites Basaltes	63	284	al = fm = 31 c = 20 ; alc = 18 si = 272	Série Pacifique calcique

(1) Les caractères magmatiques des filons diabasiques ne sont définis que d'après un petit nombre d'analyses.

CHAPITRE III

LE COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE DE L'IHARANDAHY (1)

LE complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy se décompose en un *massif gabbro-akéritique* et un ensemble de *roches filoniennes* microgrenues qui traversent aussi bien les gabbros que les schistes cristallins encaissants.

Les troctolites et les microdiorites puis les syénites néphéliniques dépendant de ce complexe ont été signalées pour la première fois par A. LACROIX (1923-1928). R. MOUFFLARD (1951) a cartographié le premier les gabbros en un massif de forme elliptique à faciès malgachitique. En 1958 enfin, J. BOULANGER donne une description de l'ensemble du complexe et voit dans le massif gabbro-akéritique un lopolithe dont « le plutonisme : a gabbro et syénite est typique du Système du Graphite ».

A. — LOCALISATION

Le massif gabbro-syénitique de l'Iharandahy chevauche la falaise entre les hautes vallées de la Rienana et de la Matitanana et son centre se situe à 10 km environ au Sud-Sud-Ouest du village d'Ankarimbelo (planche 2). Il s'inscrit approximativement dans un triangle équilatéral de 18 km de côté dont l'un des sommets est tourné vers l'Est, tandis que la base qui lui est opposée est orientée N-S et touche la vallée de la Rienana au village de Moroteza. De cette disposition, il résulte qu'une très grande partie du massif affleure sur le plateau forestier Betsileo qu'échancre partiellement un cirque creusé par un affluent de la rive droite de la Rienana : la Manama. Les deux autres côtés du triangle équilatéral se confondent en partie avec le rebord de la falaise qui surplombe de plusieurs centaines de mètres les vallées de la Matitanana et de la Rienana. Le profil de ces vallées est un V très ouvert, limité par

(1) Je dois des remerciements tout particuliers à mon collègue J. MARCHAL qui m'a obligeamment communiqué ses propres observations sur le complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy, m'aidant ainsi à démêler sa structure.

- Y. 2 125 (F. RUF). — Village de Iharinomby, bordure septentrionale du massif de l'Iharandahy. Granite akéritique.
- Y. 2 516 (F. RUF). — 3 km au Nord du village d'Ambohaka, bordure orientale du massif de l'Iharandahy. Granite monzonitique.
- Y. 2 543 (F. RUF). — 2 km au Nord-Ouest du village de Miarinariva, bordure méridionale du massif de l'Iharandahy. Granite monzonitique.

L'étude micrographique montre des roches essentiellement composées de feldspath (planche 5, photo 2) : plagioclases automorphes en « caissons », zonés, basiques dans leur partie centrale et bordés d'orthose (structure antirapakivi, J.J. SEDERHOLM, 1928). Cette structure zonée peut être remplacée par une structure antiperthitique. Le quartz, peu abondant, forme des plages automorphes. Les vides laissés entre les minéraux felsiques sont dans certains cas remplis par des plages xénomorphes de plagioclase. Dans les granites akéritiques, l'oligoclase mesuré est plus basique (anorthite 20 à 40 %) que dans les granites monzonitiques. Dans quelques échantillons, se développent de petits bourgeons de myrmékite. La hornblende verte ou brune et la biotite souvent altérée en chlorite, forment les minéraux mafiques. Le sphène, l'apatite en longues aiguilles, parfois le zircon, complètent la composition de ces roches. A titre comparatif, voici les compositions virtuelles tirées des trois analyses que nous avons données :

	Y. 2 125	Y. 2 516	Y. 2 543
	%	%	%
Quartz	23,46	28,38	29,46
Orthose	17,24	21,68	20,57
Albite	31,96	27,25	29,34
Anorthite	9,17	6,39	5,00
Corindon	3,26	4,49	4,18
Hypersthène :			
SiO ₃ Mg	1,40	1,80	0,90
SiO ₃ Fe	8,98	6,20	5,81
Apatite	—	0,67	—
Ilménite	1,99	1,52	1,06
Magnétite	0,70	0,23	2,09
	98,16	98,61	98,41

Ces granites akéritiques et monzonitiques renferment des enclaves microgrenues dont la composition ne paraît pas différer beaucoup de celle des roches grenues. Cependant, l'une d'elles montre une grande abondance d'aiguilles d'apatite et de rutile qui la rapproche d'une kragérite (WATSON, 1912).

2) LES GABBROS.

Ce sont des roches dont le grain généralement moyen peut tomber très en dessous de 0,5 cm de diamètre, ou, plus rarement, dépasser 1 cm. On y distingue nettement le plagioclase, l'olivine en grains vert-jaune translucides et les faces de clivage noires des pyroxènes. Quelques échantillons ont le faciès malgachitique.

Les plagioclases. — Toujours présents, sauf dans quelques ségrégations hyperbasiques, ils se présentent en grandes plages limpides, bien maclées, très rarement zonées, et manifestent parfois une tendance automorphe qui conduit à des structures ophitiques. Suivant les échantillons, le plagioclase est du labrador ou de la bytownite. Nous avons mesuré au microscope quelques pourcentages d'anorthite : 60 %, 72 %, 75 %. La teneur en anorthite donnée par l'analyse révèle une basicité encore plus forte :

	Y. 2 129	Y. 2 134	An. 92
Anorthite :	89 %	93 %	80 %

Le pyroxène. — Dans les gabbros normaux, il est plus abondant que l'olivine mais son importance devient secondaire dans les allivalites (HARKER, 1908) qui ont un rôle non négligeable dans la constitution du noyau gabbroïque. C'est un augite-diallage légèrement rosé qui contient de fines inclusions de minéral. Les plages sont de grandes dimensions, peu morcelées, limpides et exemptes de toute altération. Elles sont parfois bordées d'un peu de hornblende brune primaire. J. BOULANGER (1958) donne les propriétés optiques de l'un de ces pyroxènes :

$$\begin{aligned} \text{Biréfringence Ng} - \text{Np } 0,22 \\ (+) 2 V = 54^\circ \\ Z \wedge c = 42^\circ - 45^\circ \end{aligned}$$

Composition d'après les courbes de HESS (1949) et de A.N. WINCHELL :

$$\text{Wo } 40 \% \quad \text{En } 45 \% \quad \text{Fs } 15 \%$$

Wo wollastonite ; En enstatite ; Fs ferrosilite.

Cette composition chimique fait ressortir une déficience en fer que traduit également l'analyse chimique :

$$\begin{aligned} \text{Y. 2 134 : Wo } 30 \% \quad \text{En } 52 \% \quad \text{Fs } 18 \% \\ \text{Y. 2 129 : Wo } 50 \% \quad \text{En } 43 \% \quad \text{Fs } 7 \% \end{aligned}$$

L'olivine. — Bien répartie dans tous les gabbros, elle prend une part prépondérante dans les allivalites dont elle forme, avec le plagioclase, les deux éléments majeurs. Sa grande fraîcheur, sa limpidité, la rareté des formes d'altération (serpentine, bowlingite, xylole qui remplissent parfois des craquelures), concourent, avec d'autres caractères, à donner aux gabbros de l'Iharandahy leur originalité. Pour cette raison, nous proposons d'appeler allivalites les faciès où domine le périclase car le terme troctolite (VON LASAULX, 1875), employé par A. LACROIX, convient mieux, à notre avis, à des roches où l'olivine est serpentinisée et où l'hypersthène accompagne l'augite. J. BOULANGER donne les caractères optiques de cette olivine :

$$\begin{aligned} \text{Biréfringence Ng} - \text{Np } 0,035 \\ (-) 2 V 88^\circ \end{aligned}$$

Il en déduit la composition chimique suivante :

$$\text{Fo } 60 \% \quad \text{Fa } 40 \%$$

Fo forstérite ; Fa fayalite.

Si nous comparons cette composition à celle que fournit l'analyse chimique, nous remarquons, comme dans les pyroxènes, une déficience en fer :

$$\begin{aligned} \text{Y. 2 134} \quad \text{Fo } 73 \% \quad \text{Fa } 27 \% \\ \text{Y. 2 129} \quad \text{Fo } 86 \% \quad \text{Fa } 14 \% \end{aligned}$$

La hornblende brune. — Elle joue un rôle très secondaire dans la composition des gabbros et manque souvent complètement. Elle est associée aux clinopyroxènes et son origine primaire ne fait aucun doute.

Minéral. — Sa rareté caractérise les gabbros de l'Iharandahy.

Composition chimique des gabbros.

Nous donnons ci-dessous trois analyses de ces gabbros avec leurs paramètres CIPW et pour deux d'entre eux, l'on pourra comparer les compositions minéralogiques virtuelles avec celles qui ont été observées au microscope. Les paramètres CIPW rangent ces gabbros dans la famille des eucrites (ROSE, 1835). La composition minéralogique réelle diffère donc de la virtuelle car Y. 2 134 ne contient pas d'hypersthène. De même, pour les allivalites (Y. 2 129 et An 92), la prédominance de l'olivine sur le pyroxène n'apparaît pas puisque le

Tableau III

ANALYSES CHIMIQUES ET PARAMÈTRES DES GABBROS (A. LACROIX)

	Y. 2 134	Y. 2 129	An. 92
	%	%	%
SiO ₂	47,38	46,30	45,44
Al ₂ O ₃	20,98	16,75	11,37
Fe ₂ O ₃	0,38	3,05	3,39
FeO	5,62	5,20	7,97
MgO	7,98	11,10	14,49
CaO	15,44	15,65	14,64
Na ₂ O	0,93	1,50	0,82
K ₂ O	traces	0,10	0,15
TiO ₂	0,50	0,65	0,78
P ₂ O ₅	—	0,10	0,04
MnO	0,04	0,05	—
H ₂ O ⁺	0,62	0,30	0,89
H ₂ O ⁻	0,11	0,00	0,14
Total	99,98	100,75	100,12

Paramètres CIPW

	II (III)	III	(III) IV
p	5	5	5 (4)
q	5'	4 (5)	5
r	5	5	'5
h	1	1 (2)	1 (2)
k	'2	2	2 (3)
l	1	2	2
m	2	2	2
	Eucrite	Allivalite	Troctolite mélanocrate

	Y. 2 134	Y. 2 129
<i>Composition minéralogique virtuelle :</i>		
Orthose	—	0,56
Albite	7,86	8,65
Néphéline	—	2,13
Anorthite	53,10	38,91
Diopside :		
CaOSiO_2	9,86	16,24
MgOSiO_2	6,30	12,00
FeOSiO_2	2,90	2,64
Hypersthène :		
MgOSiO_2	8,20	—
FeOSiO_2	3,83	—
Olivine :		
2MgOSiO_2	3,78	10,39
2FeOSiO_2	2,04	2,55
Apatite	—	0,34
Ilménite	0,91	1,37
Magnétite	0,70	4,41
	99,48	100,19

Y. 2 134 (F. RUF). Sommet de l'Iharandahy, feuille Ankarimbelo.

Y. 2 129 (J. ORLIAC). 2 km au S du village Ambahaka, feuille Ankarimbelo.

An. 92 A. LACROIX, 1923 (M. RAOULT). Rivière Malamavato, feuille Ankarimbelo.

paramètre k reste inférieur à 4. Les allivalites de l'Iharandahy sont donc des formes hétéromorphes d'eucrite. A. LACROIX (1923) définit ainsi la roche de l'analyse 92 : « un type... établissant le passage aux troctolites mélanocrates... c'est une roche à grain moyen, noire, tachetée de blanc, dont l'olivine moule en partie les grains de bytownite ». Enfin, J. BOULANGER signale quelques ségrégations basiques qui forment des wehrlites (VON KOBELL, 1838), des diallagites, des tilaïtes (DUPARC et PEARCE, 1905) et des brèches volcaniques à ciment de péridot.

3) COMPARAISON ENTRE LES ROCHES DU MASSIF DE L'IHARANDAHY ET CELLES DES MASSIFS DE LA RÉGION DU CAP SAINT-ANDRÉ.

Entre les massifs de la région du Cap Saint-André (Berevo, Fonjay, Ambohitrosy et Ambereny) et le massif de l'Iharandahy, nous avons déjà remarqué des analogies de structures. Non moins frappantes sont les ressemblances pétrographiques. H. BESAIKIE (1957) décrit les roches du Cap Saint-André comme des gabbros normaux ou mésocrates, généralement riches en olivine, passant parfois « ...à des gabbros à bytownite et olivine et, plus rarement et localement, à des zones très réduites d'allivalites à bytownite et olivine sans pyroxène ». A. LACROIX (1923) donne quelques analyses de ces roches dont nous rapprochons les paramètres de ceux des gabbros de l'Iharandahy :

<i>Massif du Fonjay</i>	{	III. 5. 4. '5. (An. 282) Gabbro.
	{	II. 5. '5. 5. (An. 285) Allivalite.
<i>Massif de l'Ambohitrosy</i>	{	III. 5. 4. (4) 5. (An. 280) Gabbro à olivine.
	{	I (II). (4) 5. 4. '4. (An. 277) Gabbro leucocrate.
<i>Massif de l'Iharandahy</i>	{	(II) III. 5. 5'. 5. (Y. 2 134) Eucrite.
	{	III. 5. 4 (5). 5. (Y. 2 129) Allivalite.
	{	(III) IV. 5 (4). 5. '5. (An. 92) Troctolite mélanocrate.

Parallèlement, nous avons noté une parenté entre un microgranite de l'Ambohitrosy et un granite monzonitique de l'Iharandahy :

Massif de l'Ambohitrosy : I. 4. '2. 3. (An. 205, A. LACROIX, 1923). Microgranite.

Massif de l'Iharandahy : I (II). '4. 2. 3'. (Y. 2 516) Granite monzonitique.

Si la ressemblance entre les roches acides des deux régions n'est que partielle, celle des gabbros paraît par contre indubitable. Or, les édifices gabbro-granitiques du Cap Saint-André ont recoupé des sédiments liasiques et H. BESAIKIE a montré, en 1957, que leur mise en place est postérieure à des effondrements qui affectent le Crétacé moyen et qu'elle « se rattache par conséquent à la grande période volcanique dont dépendent les coulées basaltiques et rhyolitiques de l'Ouest » (1). Il serait aventureux, sur ces seules ressemblances pétrographiques, de prétendre que les gabbros de deux régions si éloignées sont rigoureusement contemporains mais ces arguments ajoutés à d'autres militent en faveur d'un âge récent pour le massif de l'Iharandahy.

E. — PÉTROGRAPHIE DES ROCHES FILONIENNES

Elles se répartissent en quatre familles (microdiorites, syénites néphéliniques, micro-essexites, théralites) que nous examinerons successivement. Leurs analyses chimiques, leurs compositions minéralogiques virtuelles et leurs paramètres sont groupés dans les tableaux IV et V.

1) MICRODIORITES.

Nous en avons distingué deux types :

— Un premier type, trouvé en éboulis près du mont Vohitokana, est une roche leucocrate dans laquelle on discerne des feldspaths très aplatis et de longues aiguilles d'amphibole. Amphiboles et feldspaths peuvent atteindre 1 cm de long. Au microscope (planche 6, photo 3), la roche montre de longues baguettes de feldspaths aplatis suivant g^1 et d'orientation parallèle. L'amphibole en plages allongées a un pléochroïsme dans les tons verts. Enfin, le sphène, abondant, se présente lui aussi en longues aiguilles automorphes. La roche est discrètement ponctuée de minéral. La basicité du plagioclase, mesurée au microscope, correspond à 36 % d'anorthite, ce qui est exactement la valeur obtenue par l'analyse chimique (Y. 2 635). Les paramètres : (I) II. 5. '3. 4. font de cette roche une microdiorite remarquable par sa structure particulière.

— Un second type est représenté par une roche gris noirâtre à grain fin où un œil exercé distingue de petits cristaux aplatis de plagioclase. Au microscope, la roche révèle une structure porphyroïde. Les porphyroblastes sont de petits caissons d'andésine zonée, environnés

(1) On observera que le Crétacé moyen n'est qu'une limite inférieure pour l'âge des roches du Cap Saint-André tandis que le Campanien-Maestrichtien est une limite supérieure pour l'âge du volcanisme crétacé de la côte orientale.

de fins fuseaux d'amphibole et de plagioclases très aplatis qui adoptent souvent une disposition étoilée. Les plagioclases sont bordés d'une fine auréole d'orthoclase et un peu de microcline et de micropegmatite comble les vides entre les autres minéraux. L'amphibole a un pléochroïsme intense qui va du jaune au brun noir et, en se transformant progressivement en riébeckite ou en arfvedsonite, elle s'auréole de vert (1). Son angle maximal d'extinction ($Z \wedge c = 12$) a une valeur à comparer à celle des barkévicités caractéristiques des roches néphéliniques. Les sections losangiques sont fréquentes. Quelques plages automorphes d'augite accompagnent l'amphibole et s'en distinguent par leur forme plus ramassée. Elles sont zonées, violacées (titanifères) au centre, vertes (ægyriniques) à l'extérieur. La roche compte en outre de nombreux minéraux secondaires parmi lesquels la biotite, la chlorite, le sphène en petits losanges automorphes, le grenat, l'apatite et un minéral vraisemblablement titané. En effet, ce minéral, au contact de l'augite titanifère, montre de très fines structures kéliphitiques dont la disposition rappelle celle de la myrmékite. Les paramètres (pour Y. 2 132 : I (II). 5. '3. 4) font apparaître un caractère leucocrate que ne traduisent ni l'examen macroscopique, ni l'examen microscopique où l'on a tendance à surestimer l'importance des ferromagnésiens. En fait, la roche est une microdiorite porphyroïde dont la structure est particulière : la disposition des amphiboles en aiguilles rappelle la structure tinguaitique (ROSENBUCH, 1887), tandis que la disposition des plagioclases rappelle la structure foyaïtique (BLUM, 1861). L'analyse chimique montre une déficience en silice puisque nous avons dû former de l'olivine et un peu de néphéline pour établir la composition minéralogique virtuelle de la roche. Cette microdiorite est donc un terme de passage vers les microessexites.

2) LABRADORITES.

Nous pensons avoir retrouvé en blocs roulés, à 7 km au Sud des gabbros, la labradorite porphyrique que A. LACROIX (1923) signalait comme provenant de la rive droite de la Rienana. Cette roche est riche en feldspath et contient de petites cavités d'altération remplies de calcite, de quartz et d'épidote secondaire. Ses paramètres CIPW sont : II. 5. '4. 4 et ses paramètres de NIGGLI (si 123,2 ; al 29,1 ; fm 33,8 ; c 27,5 ; alk 9,5 la rattachent incontestablement à la série magmatique des roches du complexe de l'Iharandahy (série normale, planche 3), il est donc probable qu'autour du massif gabbro-akénitique, *de nombreux filons de dolérite et de basalte font partie du complexe*, mais, seule, l'analyse chimique permet de les séparer des autres filons diabasiques que nous avons décrits au chapitre II. (Il est probable qu'il faille rattacher de la même manière au complexe les nombreux petits *pointements rhyolitiques et trachytiques* qui entourent le massif gabbro-akénitique et dont nous n'avons pas d'analyses).

3) SYÉNITES NÉPHÉLINIQUES.

Ce sont des roches que leur caractère leucocrate oppose par un simple examen macroscopique aux microdiorites et aux microessexites. Suivant la grosseur de leur grain, elles sont grenues ou microgrenues, les deux structures pouvant être associées sur le même échantillon. Nous donnons d'abord la description de A. LACROIX (1928) qui correspond à la syénite néphélinique objet de l'analyse n° 1 : « Orthose faculée d'albite, albite, néphéline, sodalite, losite en grands cristaux enveloppant pœcilitiquement les autres éléments, enfin augite ægyrinique d'un vert foncé ; comme minéraux accessoires, il faut signaler une hastingsite d'un vert très sombre, le sphène en grands cristaux automorphes de type commun et en longues aiguilles filiformes allongées suivant c, un grenat jaune, la fluorine et enfin un minéral triclinique à macles polysynthétiques, à rapprocher de la hiortdalite. La néphéline est partiellement automorphe ; les feldspaths ont une tendance à l'aplatissement, mais la structure est grenue ».

(1) A. LACROIX (1923) signale un phénomène analogue dans une amphibole (la lanéite) trouvée dans les microsyénites du NW de l'île et dans les granites ægyriniques de l'Ambositrosy. La lanéite appartient à la série riébeckite-barkévicité.

Tableau IV

ANALYSES CHIMIQUES DES ROCHES FILONIENNES

	Y. 2 127	Y. 2 518	Y. 2 528	Y. 2 603	Y. 2 634	Y. 2 132	Y. 2 635	An. 1	An. 2	An. 244 bis
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	48,95	49,05	51,30	48,0	44,0	53,99	54,79	55,50	51,56	53,42
Al ₂ O ₃	20,60	22,20	22,70	21,60	12,85	22,51	23,07	24,50	22,76	20,20
Fe ₂ O ₃	4,0	2,90	2,35	3,55	4,85	1,29	traces	0,88	2,01	2,65
FeO	4,55	3,20	3,20	4,85	6,65	4,54	5,47	1,32	3,50	2,77
MgO	1,75	1,50	1,30	2,70	10,85	1,05	0,97	0,25	0,76	2,20
CaO	6,90	6,25	5,95	7,75	15,10	5,25	5,67	1,42	5,72	5,12
Na ₂ O	7,40	8,60	8,90	7,60	2,70	5,68	5,58	9,96	8,25	6,85
K ₂ O	2,65	3,0	2,80	1,95	0,60	2,32	0,64	4,72	2,97	3,87
TiO ₂	1,15	0,70	0,70	1,15	1,40	1,35	1,35	0,14	0,68	1,39
P ₂ O ₅	0,15	0,35	0,20	0,45	0,20	0,29	0,34	0,05	0,23	0,11
MnO	0,10	0,05	0,10	0,05	0,05	0,12	0,04	0,12	0,26	0,18
H ₂ O ⁺	1,65	1,45	1,05	0,50	0,40	0,92	1,04	0,77	0,82	0,72
H ₂ O ⁻	0,05	0,35	0,10	0,10	0,05	0,19	0,19	0,15	0,31	0,28
Cl	—	—	—	—	—	—	—	0,13	0,10	—
Total	99,90	99,60	100,65	100,25	99,70	99,50	99,15	99,91	99,93	99,76

Y. 2 127 (J. ORLIAC). 4,3 km au Nord d'Ambahaka, feuille Ankarimbelo. Microessexite. II. 6. 2. 4'.

Y. 2 518 (J. ORLIAC). 2 km au Nord de Mafinga feuille Ankarimbelo. Microessexite. II. 6 (7). 2. 4'.

Y. 2 528 (J. ORLIAC). 1 km au Nord de Ramaronto, feuille Ankarimbelo. Microessexite. 'II. 6'. 2. 4'.

Y. 2 603 (J. ORLIAC). 1 km au Nord de Tanandava, feuille Ifanirea. Essexite. II. 6'. 2'. 4 (5).

Y. 2 634 (J. ORLIAC). 1 km au Nord-Ouest de Tanandava, feuille Ifanirea. Mafruite mélanocrate. III (IV). 6. 3'. (4) 5. ('2. '2. 2'. 2).

Y. 2 132 (F. RUF). 2,5 km au Nord de Mahatsary, feuille Ankarimbelo. Microdiorite. I (II). 5. '3. 4. (3. 5. 1. 4.).

Y. 2 635 (F. RUF). 1 km au Nord de Tanandava, feuille Ankarimbelo. Microdiorite. I (II). 5. 3. 5. (2. 1. 1. '3).

An. 1 (A. LACROIX, 1928-M. RAOULT). Ouest du Mont Vohitokana, feuille Ankarimbelo. Syénite néphélinique. I. 6. 1 (2). 4.

An. 2 (A. LACROIX, 1928-M. RAOULT). Bed-rock de la Vondrozo, feuille Ankarimbelo. Microessexite. I (II). 6. 2. 4.

An. 244 bis (A. LACROIX, 1923-BOTTEAU). Rivière Sandrakoto (Ankaisina, Nord de Madagascar). Microessexite. 'II. 6. 2. 4.

Tableau V

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE VIRTUELLE DE QUELQUES ROCHES FILONIENNES

	Y. 2 127	Y. 2 518	Y. 2 528	Y. 2 603	Y. 2 634	Y. 2 132	Y. 2 635
	%	%	%	%	%	%	%
Quartz.....	—	—	—	—	—	—	3,78
Orthose	16,12	17,79	16,68	11,68	3,34	12,79	3,34
Albite	21,23	18,60	23,84	20,31	1,62	48,21	47,16
Néphéline	22,31	29,40	27,97	23,93	11,61	0,57	—
Anorthite	15,01	13,07	13,62	18,90	21,13	24,46	26,41
Corindon	—	—	—	—	—	1,73	3,57
Diopside :							
SiO_3Ca	7,66	6,38	6,15	6,84	22,16	—	—
SiO_3Mg	4,20	3,70	3,20	4,10	16,40	—	—
SiO_3Fe	3,17	2,38	2,77	2,38	3,56	—	—
Hypersthène :							
SiO_3Mg	—	—	—	—	—	—	2,40
SiO_3Fe	—	—	—	—	—	—	7,92
Wollastonite.....	—	0,12	0,12	—	—	—	—
Olivine :							
SiO_4Mg_2	0,14	—	—	1,82	7,49	1,82	—
SiO_4Fe_2	0,20	—	—	0,84	1,84	3,88	—
Apatite	0,34	1,01	0,34	1,34	0,34	0,67	0,67
Ilménite	2,28	1,37	1,37	2,28	2,74	2,58	2,58
Magnétite	5,80	4,18	3,48	5,34	7,19	1,86	—
Total	98,46	98,00	99,54	99,76	99,42	98,57	97,83
Anorthite	57 %	57 %	52 %	64 %	36 %	34 %	36 %

Les paramètres magmatiques I. 6. 1 (2). 4 montrent « ...un type fréquent parmi les syénites néphéliniques du Nord-Ouest de l'île ». Nous avons trouvé des échantillons correspondant à la description ci-dessus mais où la losite cède la place à la cancrinite, tandis que les seuls ferromagnésiens sont la biotite et un peu de minerai. Par disparition de la néphéline et de la cancrinite, on passe à des syénites normales, contenant un peu d'ægyrine et dont la structure rappelle celle des granites akéritiques de la ceinture. La composition des formes microgrenues rappelle celle des formes grenues et on retrouve l'orthose en plages automorphes ou en bordure des plagioclases (structure antirapakivi), la néphéline, la cancrinite, l'augite, titanifère au centre, ægyrinique à la périphérie, une amphibole verte ($Z \wedge c = 12$), un peu de biotite rouge, du sphène, de la chlorite, de l'apatite et du minerai. Malgré le nombre élevé des espèces minérales colorées, la roche est leucocrate. La structure est remarquable : les feldspaths sont très aplatis et adoptent souvent la disposition radiaire caractéristique de la structure foyaitique. La cancrinite et la néphéline moulent les autres éléments. Cette structure foyaitique, selon A. LACROIX (1928) est très répandue dans les roches sodiques post-jurassiques du Nord-Ouest de Madagascar et s'oppose à la structure des syénites néphéliniques anciennes à faciès éruptif ou gneissique du socle.

4) MICROESSEXITES.

Ce sont les roches filoniennes les mieux représentées immédiatement à l'Est du massif de l'Iharandahy. Elles se caractérisent par leur couleur gris sombre, la finesse de leur grain et les petites aiguilles noires d'amphibole qui ponctuent la roche. A. LACROIX (1928, An. 2), les décrit ainsi : « La pâte, très cristalline, d'un gris verdâtre, renferme quelques phénomènes macroscopiques de plagioclase, de hornblende et de sphène. Au microscope, les grands cristaux feldspathiques se montrent très zonés (50 à 58 % d'anorthite) cercclés d'orthose ; l'amphibole est une hornblende barkévicienne brune, verdissant sur les bords ; elle est accompagnée d'augite violacée, de biotite d'un vert sombre concentrée autour des métasilicates. L'apatite et le sphène sont assez abondants. Ces minéraux sont distribués au milieu de plagioclases acides et d'orthose en lames enchevêtrées (structure intersertale) dont les intervalles sont remplis par de la néphéline (en voie de transformation en losite), avec un peu de sodalite, d'analcime et une petite quantité des minéraux colorés précédemment énumérés (syénites néphéliniques). Il existe aussi de l'andratite biréfringente occupant la place de la néphéline. Cette composition minéralogique est celle des essexites du Nord-Ouest, mais la structure est porphyrique, ce qui est exceptionnel dans cette dernière région. La composition chimique est aussi analogue, mais avec un caractère leucocrate un peu plus accentué ; cela est mis en évidence par la comparaison de l'analyse 2 conduisant à la formule I (II). 6. 2. 4 et de l'analyse 244 bis de l'essexite de Sandrakoto : 'II. '6. 2. 4''. Nous ajouterons seulement que la barkévicienne a un angle maximal d'extinction de 18 degrés et qu'elle se présente en fuseaux très effilés (structure tinguaitique, planche 6, photo 4) dont la section losangique est zonée avec un angle d'extinction qui croît du cœur vers la périphérie. Le centre de ces plages est souvent occupé par un grain d'un minéral incolore à faible biréfringence, dont nous n'avons pu déterminer la nature. L'augite est également zonée ; elle se présente en plages automorphes ramassées où l'ægyrine verte ($Z \wedge c = 65^\circ$) et l'augite titanifère ($Z \wedge c = 50^\circ$) sont disposées en auréoles concentriques, l'augite titanifère étant généralement au centre (planche 6, photos 5 et 6). Nos quatre nouvelles analyses chimiques de microessexites montrent un caractère plus mésocrate que celles données par A. LACROIX et une analogie parfaite avec la microessexite de l'Ankaizina (Nord-Ouest de l'île).

5) ESSEXITES, THÉRALITES.

Le petit neck du Vohitokana semble avoir une structure complexe. Nous n'avons pu la démêler, son accès difficile ne nous ayant permis que d'en examiner des éboulis. Il est formé de roches grenues à grain moyen, mésocrates ou mélanocrates, dont la texture rappelle celle

des gabbros de l'Iharandahy. L'étude micrographique et l'analyse chimique montrent qu'elles sont déficitaires en silices et se rattachent à la famille des essexites et des théralites. L'échantillon Y. 2 603 contient de l'andésine zonée (anorthite 36 % au centre) en plages automorphes, de la néphéline, de la losite, de l'augite ægyrinique ou titanifère, de grandes plages automorphes de barkévicite (planche 6, photo 2), du sphène en aiguilles, du minéral et un peu de calcite d'altération. La structure est panidiomorphe. Les paramètres magmatiques II. 6'. 2'. 4 (5) font de cette roche une essexite. L'échantillon Y. 2 634, plus mélanocrate, montre une structure analogue mais se différencie par sa composition minéralogique : labrador (anorthite 60 %), barkévicite en grandes plages zonées, augite-diallage, olivine (entourée d'augite) et quelques minéraux d'altération : chlorite, serpentine. La composition minéralogique virtuelle fait apparaître de la néphéline ; or, ce minéral n'a pas été reconnu au microscope. Cette roche est donc très proche d'une mafraïte que A. LACROIX (1920) définit comme une variété hétéromorphe de bérondrite sans néphéline exprimée ; « la néphéline reste à l'état potentiel grâce à l'abondance de la hornblende à la fois très pauvre en silice, riche en alumine et notablement sodique ».

Y. 2 634 : III (IV). 6. 3' .(4) 5. '2. '2. 2'. 2. Roche du Vohitokana.

A. LACROIX, 1920 : III. 6. 3. 4. Mafraïte, Tifão de Mafra (Portugal).

La mafraïte du Vohitokana diffère de celle du Portugal par son caractère plus mélanocrate, une plus forte proportion de magnésie et la présence d'olivine.

On peut encore lui comparer la fasinite doléritique du Takarindiona, volcan néogène de la côte est malgache, à la latitude de Vatamandry, dont voici les paramètres : III. '6. 3 (4). 3'.

En conclusion, nous proposons pour la roche du Vohitokana le terme de mafraïte mélanocrate.

F. — CARACTÈRES MAGMATIQUES DES ROCHES DU COMPLEXE

Après que nous ayons mis en évidence les analogies de structure et de composition minéralogique entre les roches du complexe de l'Iharandahy et celles des intrusions post-jurassiques des régions du Cap Saint-André, de l'Ankaizina et de la province d'Ampasindava, il nous reste à voir si ces analogies se retrouvent dans les caractères magmatiques. Pour cela, nous avons calculé les paramètres fondamentaux de P. NIGGLI : si, al, fm, c, alk, que nous donnons à la page suivante avec les paramètres ti et p. A partir des paramètres fondamentaux, nous avons tracé un diagramme de variation magmatique en portant en abscisse le paramètre si et en ordonnée les paramètres al, fm, c, alk (planche 3). Nous avons obtenu les courbes $F(si) = al$, $F(si) = fm$, $F(si) = c$, $F(si) = alk$. Ces courbes se recoupent en plusieurs points dont deux sont remarquables : le point d'isofalie pour lequel $al = fm$ et le point pour lequel $alk = c = 20$, dont la valeur en abscisse détermine l'indice de calcoalcalinité (J. JUNG, 1954).

Le diagramme de la planche 3 montre l'existence de deux séries qui convergent vers leurs pôles basiques : une série normale qui comprend les gabbros, les diorites, les granites akéritiques et monzonitiques et une série néphélinique qui comprend les théralites, les essexites et les syénites néphéliniques. — On remarquera, pour la série normale, le rapprochement vers le pôle acide des courbes $F(si) = alk$ et $F(si) = fm$ qui donne un caractère original à ce diagramme. — Pour chacune de ces séries, nous déduisons les coordonnées des points d'isofalie et l'indice de calcoalcalinité de J. JUNG.

Tableau VI

PARAMÈTRES DE NIGGLI

	Y. 2 125	Y. 2 516	Y. 2 543	Y. 2 134	Y. 2 129	An. 92	Y. 2 132	Y. 2 635	An. 1	An. 2	Y. 2 127	Y. 2 518	Y. 2 528	Y. 2 603	Y. 2 634
si	281,2	317,2	325,1	101,2	90,9	83,8	167,6	174,2	178,5	146,3	129,2	132,0	140,2	121,8	84,0
al	40,5	44,4	43,4	26,4	19,5	12,4	41,2	43,1	46,7	38,2	32,0	35,2	36,6	32,3	14,4
fm	27,3	21,9	24,9	36,4	44,7	57,0	19,7	19,3	7,2	16,1	25,2	19,1	17,5	24,7	48,9
c	8,5	8,2	5,1	35,3	33,0	28,9	17,5	19,3	4,9	17,4	19,5	18,1	17,4	21,2	30,9
alk	23,7	25,6	26,6	1,9	3,0	1,7	21,6	18,3	41,1	28,2	23,4	27,6	28,5	21,9	5,7
ti					1,1	1,1					2,4	1,5	1,5	2,3	2,1
p					0,1	0,0					0,2	0,5	0,2	0,6	0,1

Déterminations : Y. 2 125 = granite akéritique — Y. 2 516 = granite monzonitique — Y. 2 543 = granite monzonitique — Y. 2 134 = eucrite — Y. 2 129 = allivalite — An. 92 = troctolite mélanocrate — Y. 2 132 = microdiorite — Y. 2 635 = microdiorite — An. 1 = syénite néphélinique — An. 2 = microessexite — Y. 2 518 = microessexite — Y. 2 528 = microessexite — Y. 2 603 = essexite — Y. 2 634 = mafraïte mélanocrate.

	ISOFALE (1)				Indice de calcoalcalinité
	si	al = fm	c	alk	
Série normale	120	30,5	27	11	160
Série néphélinique	115	27,5	22	17	122

(1) Les courbes $F(\text{si}) = \text{al}$ sont presque confondues pour les deux séries.

Le point d'isofalie indique théoriquement la roche la mieux représentée dans la série, soit, pour la série normale, une roche intermédiaire entre les gabbros et les diorites (labradorites de Karianga) et pour la série néphélinique une roche de la famille des essexites.

L'indice de calcoalcalinité de J. JUNG fait de la série normale une série alcalino-calcique et de la série néphélinique une série alcaline. Si l'on compare les courbes de variation du paramètre alk avec les séries théoriques de P. NIGGLI (planche 4), on voit que la série normale se situe à mi-chemin entre les types Pacifique et Atlantique. Par contre, la série néphélinique appartient nettement au type Atlantique.

Pour compléter cette étude, nous avons également calculé l'indice d'alcalinité de PEACOCK (1931). — Cet indice s'obtient en traçant sur un diagramme les courbes $\text{CaO} = F_1(\text{SiO}_2)$ et $(\text{Na}_2\text{O} \text{ K}_2\text{O}) = F_2(\text{SiO}_2)$ déduites directement des pourcentages d'analyse (planche 4) — :

	$\text{CaO} = \text{Na}_2\text{O} \text{ K}_2\text{O}$	Indice de PEACOCK
Série normale	6,4	52,3
Série néphélinique	8,5	47,4

Plaçons maintenant ces différents indices dans la nomenclature utilisée pour l'étude du volcanisme à Madagascar (P. BUSSIÈRE, 1957), et notons qu'il existe une équivalence entre l'indice d'alcalinité de PEACOCK et l'indice de J. JUNG :

HARKER-BECKE	Nomenclature		Indice d'alcalinité
	NIGGLI	PEACOCK	
Pacifique	Pacifique calcoalcaline	Calcique	61
		Calcoalcaline	56
Atlantique	Sodique Atlantique	Alcalinocalcique	51
	Potassique méditerranéenne	Alcaline	

		Indice de PEACOCK	Indice de JUNG
Série Pacifique	Calcique	61	288
	Calcoalcaline	56	220
Série Atlantique	Alcalinocalcique	51	152
	Alcaline		

Ainsi s'établissent les correspondances suivantes sur les roches du complexe de l'Iharandahy :

Série normale :	Série Atlantique	alcalinocalcique.
Série néphélinique :	Série Atlantique	alcaline.

D'autre part comparons les caractères magmatiques du complexe à ceux d'autres provinces pétrographiques malgaches (voir page 42) en adoptant la même présentation que celle qui figure dans « le volcanisme à Madagascar » (P. BRENON et P. BUSSIÈRE, 1957). Sans entrer dans le détail, rappelons qu'à Madagascar toutes les laves crétacées ou considérées comme telles appartiennent à la série Pacifique. Voici les caractères essentiels de celles de la côte orientale (chapitre II) :

Indice de J. JUNG :	284
Indice de PEACOCK :	63
Isofalie « si » :	272

Nous pouvons dire qu'elles ne manifestent aucune affinité avec les roches du complexe de l'Iharandahy. Par contre, la ressemblance de ces dernières avec les laves du Nord-Ouest de l'île, qui toutes appartiennent à la série Atlantique, est évidente.

G. — ESSAI DE CHRONOLOGIE

Avant que de tenter un essai de chronologie, nous rappellerons les caractères essentiels du complexe gabbro-syénitique :

— Le complexe comprend un massif gabbro-akéritique intrusif à *structure annulaire* et un cortège filonien bien développé dans la partie orientale de la feuille Ankarimbelo.

— Le massif gabbro-akéritique est composé de roches grenues à *structure panidiomorphe* et les filons renferment des roches grenues, microgrenues et microlitiques. Aucune de ces roches n'est marquée par le métamorphisme.

— Il existe de nombreux exemples de formes de passage entre ces différentes structures qui confèrent à l'ensemble du complexe un caractère *subvolcanique*.

— La disposition annulaire du massif ne constitue pas un cas unique à Madagascar et doit être comparée à celle des massifs éruptifs datés du Nord-Ouest de l'île.

— G. MILDOT et R. DARS font remarquer que de nombreuses structures annulaires ont été datées comme *post-jurassiques*, tant à Madagascar qu'en Afrique du Sud.

COMPARAISON ENTRE LES ISOFALIES ET LES INDICES DE JUNG ET PEACOCK DES LAVES DE QUATRE RÉGIONS DE MADAGASCAR

Région	Roches émises	Indice de PEACOCK	Indice de JUNG	Isofalie	Série
IHARANDAHY	Série néphélinique	47,4	122	al = fm = 27,5 c = 22 ; alc = 17 si = 115	Atlantique alcaline
	Série normale	52,3	160	al = fm = 30,5 c = 27 ; alc = 11 si = 120	Atlantique alcalinocalcique
ANKAISINA ET TSARATANANA	Phonolites Tahitites	47,5	122	al = fm = 29 c = 17 ; alc = 25 si = 134	Atlantique alcaline
	Basanitoides Basaltes-Limburgites Labradorites Trachytes Rhyolites	51,5	160	al = fm = 30 c = 21 ; alc = 19 si = 152	Atlantique alcalinocalcique voisine de la série alcaline
PROVINCE D'AMPASINDAVA	Tephritoides Tinguaïtes-Tahitites Phonolites	48,7	126	al = fm = 30 c = 19 ; alc = 21 si = 129	Atlantique alcaline
	Ankaramite Latites Trachytes alcalins Rhyolites (crétacés ?)	52,7	164	al = fm = 29 c = 19,5 ; alc = 22,5 si = 172	Atlantique alcalinocalcique
MONTAGNE D'AMBRE-NOSY-BE	Limburgites Basanitoides Tinguaïtes	47,8	124	al = fm = 30 c = 22 ; alc = 18 si = 130	Atlantique série alcaline
	Ankaratrites Basaltes Andésites Phonolites Trachytes alcalins et rhyolites crétacés (?)	52,8	164	al = fm = 31 c = 24 ; alc = 14 si = 142	Atlantique alcalinocalcique

— La composition minéralogique et les paramètres des gabbros du massif de l'Iharandahy sont très voisins de ceux du Cap Saint-André que H. BESAIRIE considère comme *postérieurs au Crétacé moyen*.

— La composition minéralogique et les paramètres des roches néphéliniques du complexe de l'Iharandahy sont très semblables à ceux des roches néphéliniques des régions d'*Ampasindava* (post-jurassiques), de l'Ankaisina et des volcans néogènes de la côte orientale à la latitude de Vatomandry.

— Enfin les caractères magmatiques du complexe sont schématisés par l'association d'une série Atlantique *alcalinocalcique* (groupant à la fois les roches grenues du massif gabbro-akéritique et les roches microgrenues ou microlitiques de certains filons) à une série *Atlantique alcaline* (comprenant uniquement des roches néphéliniques filoniennes). Ces caractères sont très différents de ceux des coulées volcaniques crétacées de la côte Est mais dénotent une parenté manifeste avec ceux des roches volcaniques du Nord-Ouest de Madagascar, considérées comme s'étant mises en place entre le Crétacé supérieur et le Pléistocène, avec une phase volcanique importante à la fin de l'*Oligocène*.

Comme premier résultat, on peut admettre avec certitude que le complexe est plus récent que le vieux socle cristallophyllien. Or, après H. BESAIRIE (1959-1960), adoptons pour le socle la chronologie suivante résumée pour la région d'Ankarimbelo-Ifanirea :

550 M.A. (âge apparent moyen de plusieurs zircons) : âge d'une migmatisation granitoïde à orthite.

1 050 M.A. (âge apparent d'un zircon) : âge des granites de type Ambatomiranty.

2 600 M.A. (âge absolu d'une monazite alluviale) : limite d'âge pour le Système du Graphite (auquel appartiennent les séries de Tolongoina et de Vondrozo).

Il en résulte que le complexe gabbro-syénitique de l'Iharandahy est postérieur à 550 M.A., c'est-à-dire, d'après la nouvelle échelle chronologique de A. HOLMES (1959), postérieur à la limite inférieure du Cambrien.

La chronologie que nous proposons maintenant n'est qu'une hypothèse basée sur les affinités structurales, pétrographiques et magmatiques que nous avons établies avec d'autres manifestations volcaniques de Madagascar : les ressemblances avec les massifs gabbroïques à structure annulaire de la région du Cap Saint-André nous conduisent à donner le Crétacé moyen comme limite inférieure à la mise en place du massif gabbro-akéritique. Mais les caractères magmatiques qui établissent des liens de parenté beaucoup plus étroits avec le volcanisme du Néogène (notamment dans le Nord-Ouest) qu'avec celui du Crétacé supérieur (côte orientale), nous suggèrent de rajeunir encore le complexe :

Néogène et Crétacé supérieur	{	Mises en place successives	{	Roches filoniennes néphéliniques de la série Atlantique alcaline. Roches filoniennes de la série normale Atlantique alcali- nocalcique. Massif gabbro-akéritique.
Crétacé moyen	{	Limite inférieure probable		
Début du Cambrien	{	Limite inférieure certaine	{	Dernière migmatisation dans le socle.

Nous ajouterons à cette chronologie les remarques suivantes :

— Les roches filoniennes à structures grenue, microgrenue ou microlitique ont cristallisé non loin de la surface.

— Le volcanisme fissural récent implique une tectonique cassante néogène du socle cristallophyllien.

CONCLUSION

LE complexe de l'Iharandahy est un appareil subvolcanique intrusif dans les gneiss et les migmatites des séries de Tolongoina et de Vondrozo (Système du Graphite du socle cristallin malgache). Il se décompose en un massif gabbro-akéritique qui présente une structure annulaire (cylindres ou cônes emboîtés) et en un cortège de filons qui renferment des roches microgrenues et microlitiques de la famille des diorites et des essexites. Les différentes roches du complexe ont des caractères magmatiques qui appartiennent aux séries Atlantique alcalino-calciue et Atlantique alcaline. Leurs relations paraissent pouvoir s'expliquer par une différenciation magmatique s'effectuant en profondeur, avant leur mise en place définitive qui est certainement post-cambrienne et semble avoir débuté au Crétacé supérieur pour se terminer au Néogène.

BIBLIOGRAPHIE

- BARRABÉ L. (1929). — Le pays Sakalava. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Nlle sér., 5, n° 3-4.
- BARRÈRE J. (1959). — La Presqu'île du Kaloum et le massif du Kakoulima (République de Guinée). *Notes Serv. Géol. Prosp. min.*, n° 2, pp. 3-44.
- BARTH T.F.W. (1954). — Studies on the igneous rock complexe of the Oslo region XIV. Provenance of the Oslo Magmas. *Skrifter Norske Viden. Akad., Oslo, Mat.-Naturv. Kl.*, n° 4, 20 p.
- BERTUCAT M. (1958). — Etude géologique des feuilles Karianga, Evato et Tangainony. Campagne, 1957. *Territ. Madag. Trav. Bur. Géol.*, n° 86, 26 + vi p.
- BERTUCAT M., GIRAUD P. et GIRAUDON R. (1957). — Etude géologique et prospection de la feuille Betandraka et du champ pegmatitique de Berere. *Territ. Madagascar. Trav. Bur. Géol.*, n° 82.
- BESAIKIE H. (1949). — Carte de la feuille Vondrozo au 1/200 000. Paris, Imprimerie Nationale, broch., 18 p., 1 carte.
- BESAIKIE H. (1949). — Carte de la feuille Farafangana au 1/200 000. Paris, Imprimerie Nationale, broch., 10 p., 1 carte.
- BESAIKIE H. (1952). — Carte géologique de Madagascar au 1/100 000. Publ. *Géol., Tananarive*.
- BESAIKIE H. (1954). — Le Précambrien de Madagascar. *XIX^e Congrès Géol. Intern., Alger, C. R.*, fasc. 20, pp. 337-344.
- BESAIKIE H. (1957). — Les manifestations volcaniques de la Côte Ouest et les instructions associées, in « Volcanisme à Madagascar ». *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 83.
- BESAIKIE H. (1960). — Monographie géologique de Madagascar. *Tananarive, Serv. Géol.*, 1 vol., 166 p.
- BESAIKIE H. et COLLIGNON M. (1956). — Lexique stratigraphique international. *C.N.R.S.*, 4, n° 11, 93 p.
- BOULANGER J. (1958). — Géologie et prospection de la région côtière du Sud-Est de Madagascar. *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 87, 104 + 6 p.
- BOULANGER J., GIRAUDON R., MARCHAL J., RANTOANINA M., SAUTERON A., VAN LEEMPOEL F. (1958). — Carte géologique Ankarimbelo-Ifanirea au 1/100 000.
- BRENON P. (1957). — Le volcanisme dans la zone centrale et méridionale de la Côte Est, in « Volcanisme à Madagascar ». *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 83.
- BRENON P. et BUSSIÈRE P. (1957). — Etude des caractères magmatiques des roches volcaniques de la côte Est, in « Volcanisme à Madagascar ». *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 83.
- BUSSIÈRE P. (1957). — Généralités sur les méthodes pétrochimiques employées, in « Volcanisme à Madagascar ». *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 83.
- DELBOS L. (1957). — Les granites des Ambatomiranty, de Behenja et des Vavavato, près de Tananarive à Madagascar. Thèse Clermont et Tananarive *Serv. Géol.*, in-4°, 76 p.
- DIDIER J. et ROQUES M. (1959). — Sur les enclaves des granites du Massif Central français. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, 248, n° 12, pp. 1839-1841.
- ESKOLA P. (1921). — The mineral facies of rocks. *Norsk. geol. Tidsskr., Oslo*, n° 6.
- GIRAUD P. (1960). — Les roches basiques de la région d'Andriamena à Madagascar et leur minéralisation chromifère. Thèse Clermont et *Ann. Géol. Madagascar*, n° 27, 95 p.
- GUIGUES J. (1950). — Etude géologique des feuilles Anosibe et Vatomandry. *Trav. Bur. Géol. Madagascar*, n° 13, 111 p.

- HOLMES A. (1959). — A revised geological time scale. *Trans. Edin. Soc.*, 17, part. 3, pp. 183-216.
- JUNG J. et ROQUES M. (1936). — Les zones d'isométamorphisme dans les terrains cristallophylliens du Massif Central français. *Rev. Sci. Nat. d'Auvergne*, I, n° 4.
- JUNG J. et ROQUES M. (1952). — Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 4, n° 235.
- JUNG J. et BROUSSE R. (1959). — Classification modale des roches éruptives utilisant les données fournies par le compteur de points. Paris, Masson, 1 vol., 122 p.
- KOCH P. (1955). — Le Précambrien de la frontière occidentale du Cameroun Central. Thèse Nancy.
- LACROIX A. (1916). — La constitution des roches volcaniques de l'extrême Nord de Madagascar et de Nosy-Bé ; les ankaratrites de Madagascar en général. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, 163, pp. 253-258.
- LACROIX A. (1922-1923). — Minéralogie de Madagascar. Challamel, éditeur. Paris.
- LACROIX A. (1928). — Sur une nouvelle région de roches intrusives et néphéliniques à Madagascar. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, 186 pp. 1457-1460.
- LAPLAINE L. (1959). — Etude géologique et prospection de l'Ambohiby et du Bevato. *Rép. Malgache, Rapp annuel Serv. Géol.*, pp. 73-76.
- LA ROCHE (DE) H. (1952). — Etude géologique des feuilles Ifanadiana et Mananjary. *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 33.
- LA ROCHE (DE) H. et MARCHAL J. (1956). — Géologie de l'extrême Sud-Est. *Rapp. annuel Tananarive, Serv. Géol.*
- LENOBLE A. (1937). — Sur l'âge et sur l'ordre chronologique des venues éruptives entre Mahanoro et Nosy-Varika (Côte orientale de Madagascar). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, 206, pp. 117-119.
- MARCHAL J. (1957). — Etude géologique de la feuille Midongy-Sud et Vangaindrano. *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 81, 17 p.
- MOUFFLARD R. (1952). — Etude géologique des feuilles Ambalavao-Sahasinaka-Manakara. Série doc. 43, *Tananarive, Serv. Géol.*
- MILLOT G. et DARS R. (1959). — L'Archipel des îles de Los : une structure annulaire subvolcanique. *Notes, Serv. Géol. Prosp. min.*, n° 2, pp. 47-56.
- NIGGLI P. et BERGER P.J. (1923). — Gesteins-und Mineralprovinzen ; Bd 1: Einführung ; Berlin, *Borntraeger*, XVI, p. 602.
- PEACOCK M.A. (1931). — Classification of igneous rocks series. *Journ. Géol.*, 39, pp. 54-67.
- ROQUES M. (1941). — Les schistes cristallins de la partie Sud-Ouest du Massif Central français. *Mém. Carte Géol. Fr.*
- SAINT-OURS (DE) J. (1958). — Résumé des études géologique dans l'extrême Nord de Madagascar et l'Archipel des Comores. (Thèse Strasbourg), *Rép. malgache, Rapp. ann. Serv. géol.*, pp. 21-24.
- SEDERHOLM J.J. (1928). — On orbilar granites spotted and nodular granites etc... and on the rapakivi texture. *Bull. Comm. Géol. Finlande*, 83.
- TORTOCHAUX F. et KÖENIG R. (1947). — Etude géologique des feuilles Bekodoka, Bebao et Tambohorano. *Territ. Madagascar, Trav. Bur. Géol.*, n° 4.
- TURNER F.J. (1948). — Mineralogical and structural evolution of the metamorphic rocks. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 30, 342 p. Traduc. *Territ. Madagascar, Bur. Géol.*
- WINCHELL A.N. (1951). — Elements of optical mineralogy. John Wiley and Sons.

PLANCHES HORS-TEXTE

FIGURES

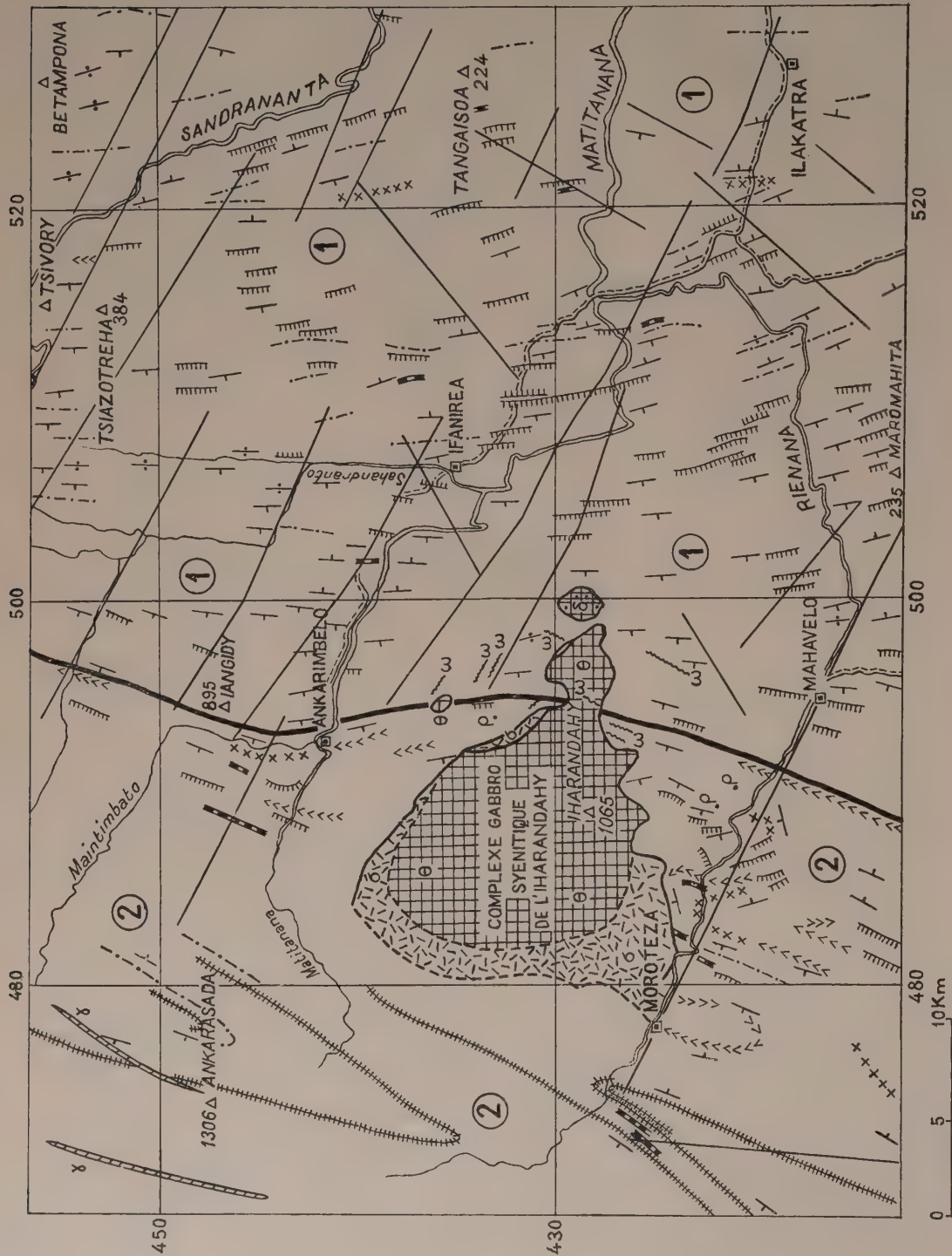


SITUATION DES ZONES LEVEES

- ① Feuilles Ankarimbelo-Ifanirena OP55
- ② Feuilles Maroseranana T46
- ③ Feuilles Antanamalaza-Foulpointe UVW44

- ④ Coupe de l'Onibe
- ⑤ Coupe de la route de Beforona à Tamatave

①



LEGENDE

ROCHES ERUPTIVES DU COMPLEXE

Monzonite
Aknérite

Essexite

Gabbro à olivine
Filon de Microsyénite

Pointement de Rhyolite

GRANITE ANCIEN

Type Ambatomiranty

SCHISTES CRISTALLINS

Série de Vondroza
(Système du Graphite)

Série de Tolongoina
(Système du Graphite)

Faciès spéciaux

Niveau à pyroxénites (à diopside)

Banc de pyroxénite (à hypersthène)

Banc de quartzite

Charnockite

Sillimanite

Signes conventionnels

Plongement / Verticalité

Limite de Série

Limites des massifs éruptifs
d'après photogéologie

Cassure

ESQUISSE GÉOLOGIQUE

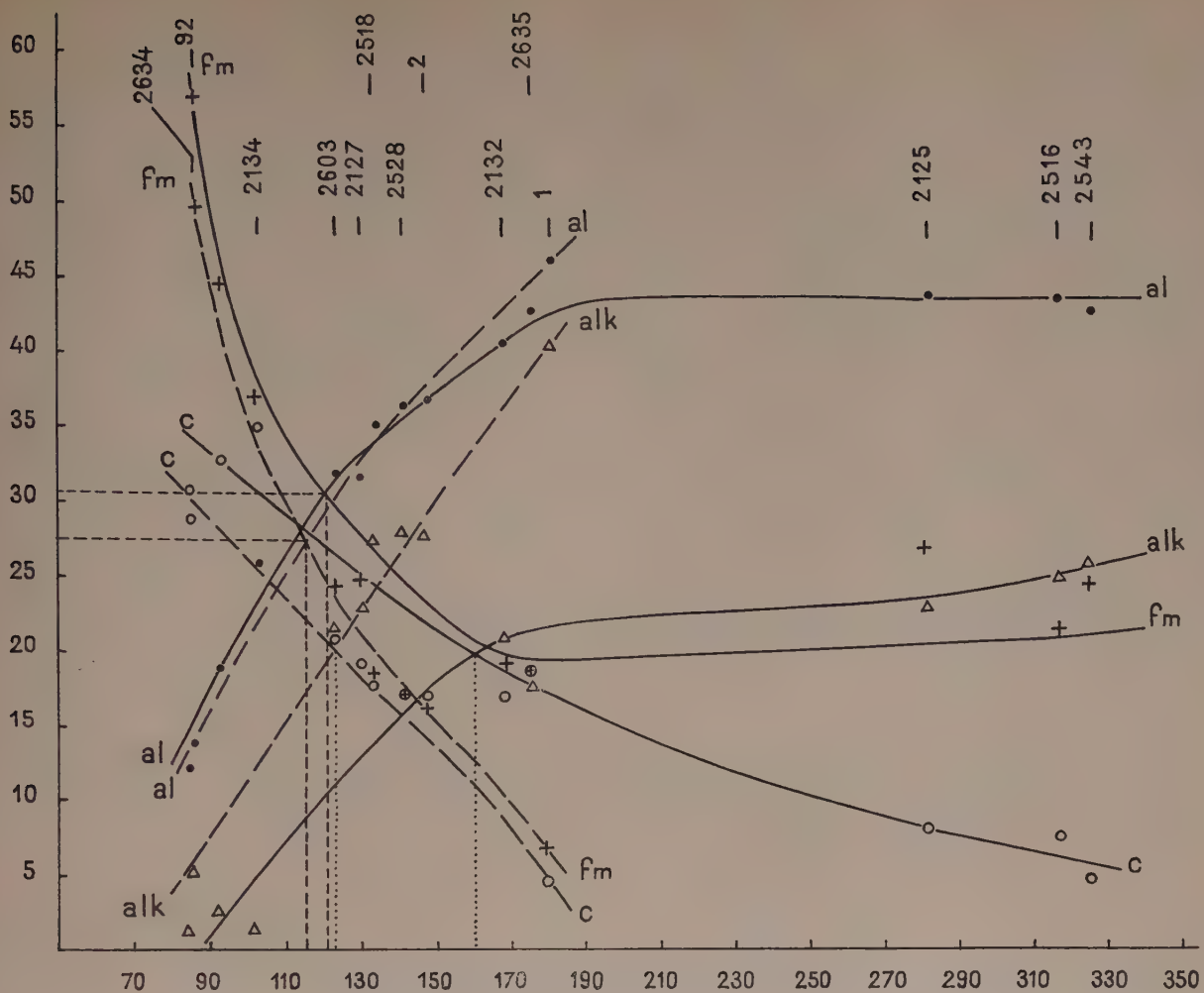
ANKARIMBELO IFANIREA

Levens de :

R. Mouflard 1952

R. Giraudon, J. Marchal, J. Constatans

A. Sauteron, M. Raholimanga 1957



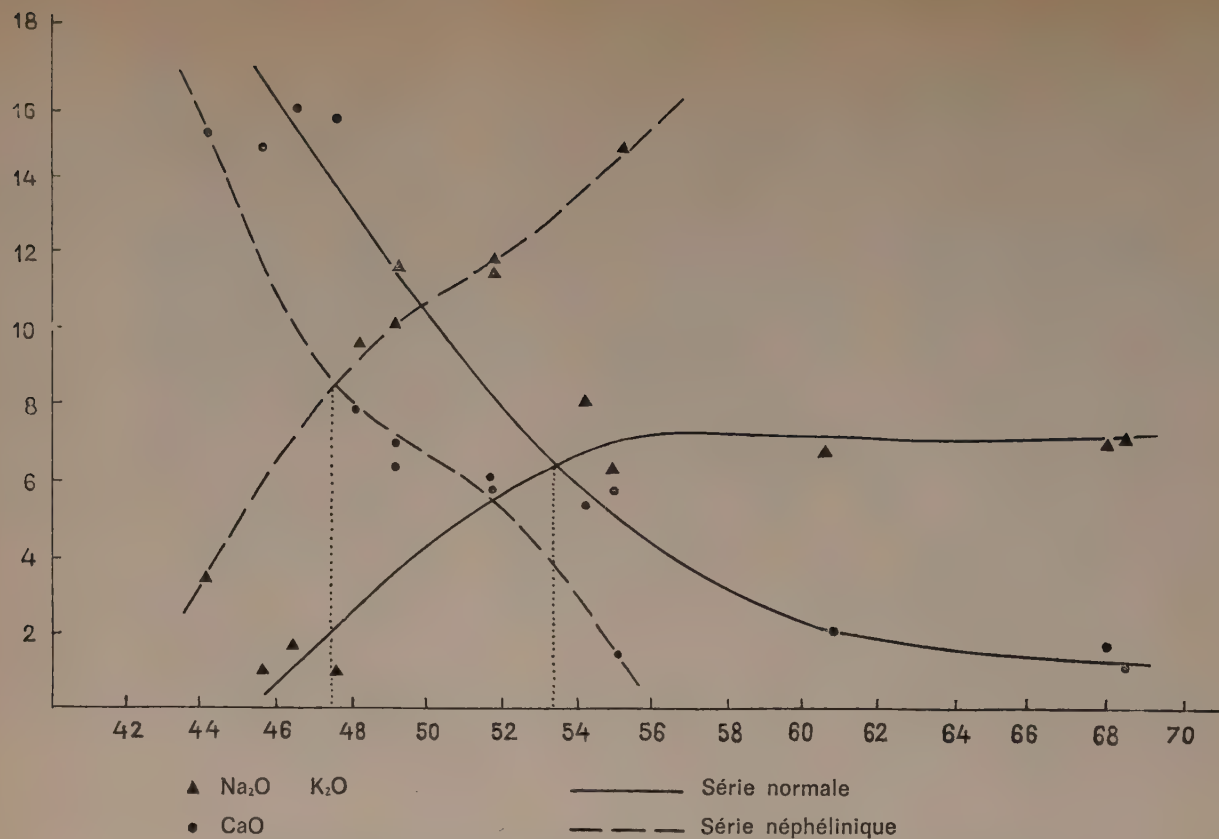
Légende

Paramètres de Niggli

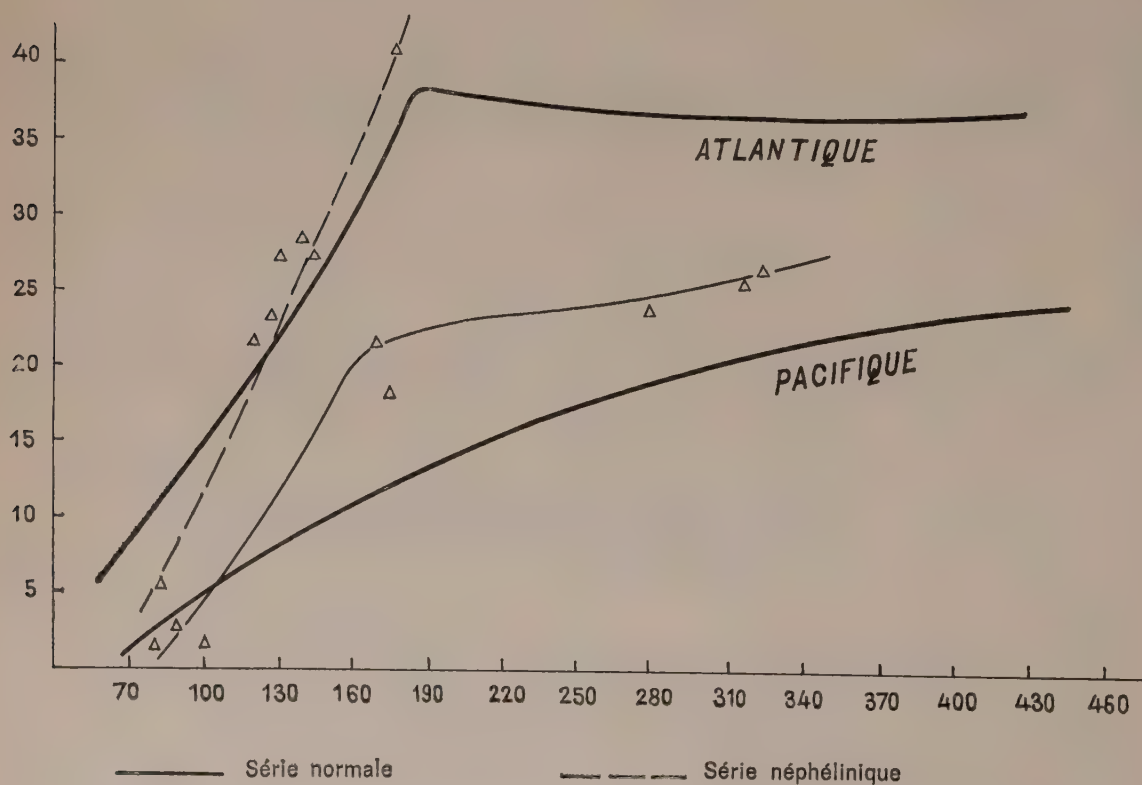
- al
- + f
- o c
- Δ alk

- Série normale
- Série néphélinique
- Isotalie
- Indice de Jung

DIAGRAMME DE VARIATION MAGMATIQUE



DÉTERMINATION DE L'INDICE D'ALCALINITÉ DE PEACOCK.



VARIATIONS DU PARAMÈTRE alk DANS LES SÉRIES THÉORIQUES
 DE NIGGLI ET DANS LES SÉRIES DE L'HARANDAHY.

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE 5

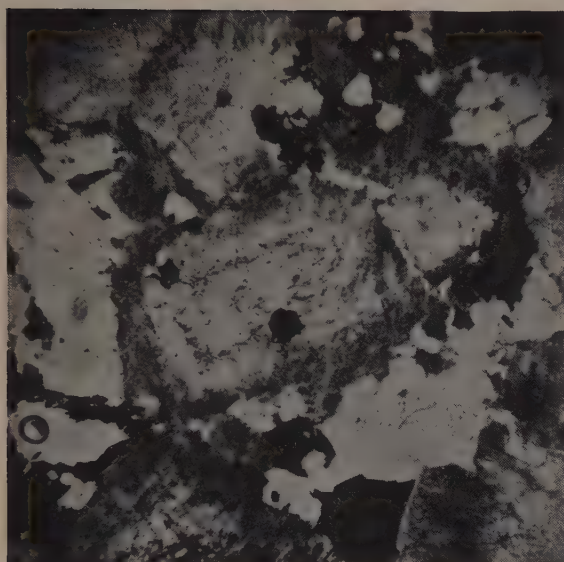
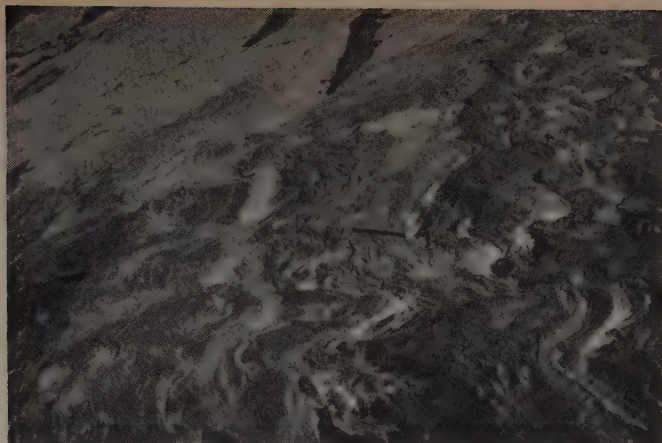
GISEMENT DES MIGMATITES

1. — Plis symmigmatiques dans une migmatite à biotite (Bed-rock du fleuve Matitanana, feuille P. 55).

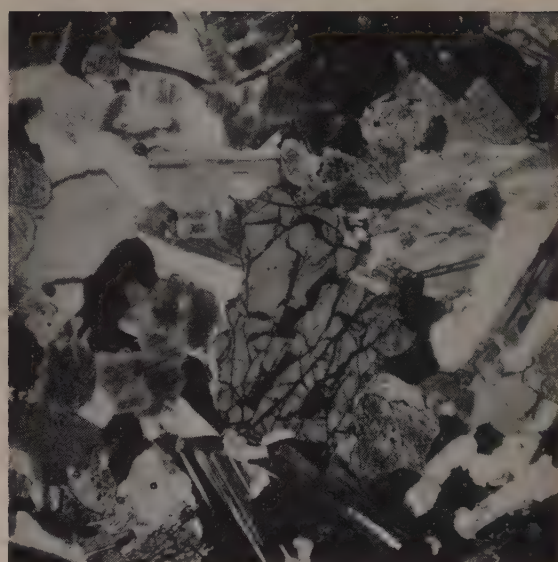
PÉTROGRAPHIE DU COMPLEXE

2. — *Lame Y. 2 125 — L. N. X 20.* — Granite akéritique. (Près Iharinomby, feuille O. 55). Quartz (en blanc) subautomorphe, oligoclase en « caissons » zonés bordés d'orthoclase (structure antirapakivique).
3. — *Lame Y. 2 523 — L. P. X 20.* — Gabbro à Olivine. (Près Mafianga, feuille O. 55). Au centre de la photo, une grosse plage d'olivine ; les plagioclases en baguettes entourent les plages de diallage (passage à une structure ophitique).
4. — *Lame Y. 2 134 — L. N. X 20.* — Eucrite. (Sommet du Iharandahy, feuille O. 55). Diallage et olivine entourés de bytownite.
5. — *Lame Y. 2 134 — L. P. X 20.* — Eucrite. (Sommet du Iharandahy, feuille O. 55). En lumière polarisée, la bytownite apparaît en plages subautomorphes maclées polysynthétiquement.

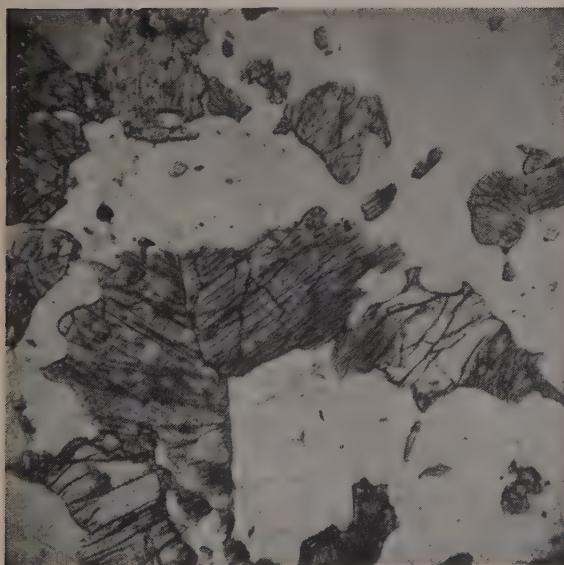
1



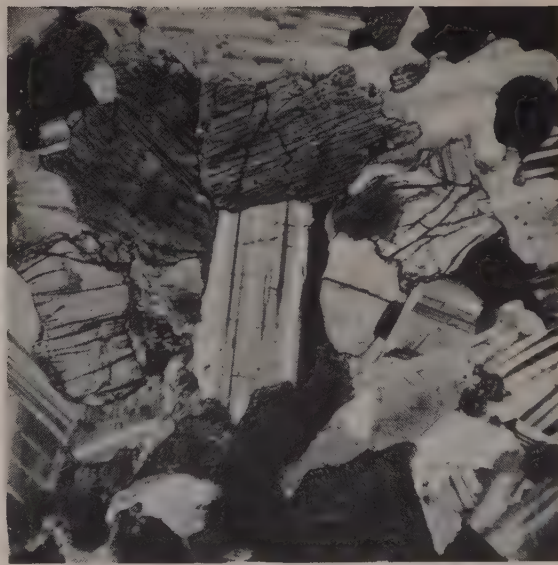
2



3



4



5

5

RÉPERTOIRE DES TABLEAUX D'ANALYSES ET DE PARAMÈTRES

N°		Pages
I. —	Caractères magmatiques des filons diabasiques et des roches volcaniques créta- cées de la côte Est de Madagascar (d'après P. BRENON, 1957).	178
II. —	Analyses chimiques et paramètres des granites.	183
III. —	Analyses chimiques et paramètres des gabbros	186
IV. —	Analyses chimiques des roches filoniennes	190
V. —	Composition minéralogique virtuelle de quelques roches filoniennes.	191
VI. —	Paramètres de Niggli	194
VII. —	Comparaison entre les isofalies et les indices de Jung et Peacock des laves de quatre régions de Madagascar.	197

RÉPERTOIRE DES PLANCHES HORS-TEXTES

FIGURES

1. —	Situation des zones levées	205
2. —	Esquisse géologique.	206
3. —	Diagramme de variation magmatique	207
4. —	Détermination de l'indice d'alcalinité de Peacock et variations du paramètre alk dans les séries théoriques de Niggli et dans les séries de l'Andriantantely.	208

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

5. —	Gisement des migmatites et pétrographie du complexe	211
6. —	Pétrographie du complexe (<i>suite</i>)	213

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
SOMMAIRE	161
RÉSUMÉ	163
Introduction.....	165
A. — TRAVAUX ANTÉRIEURS	165
B. — APERÇU GÉOGRAPHIQUE SUR LA RÉGION D'ANKARIMBELO-IFANIRÉA	165
Orographie	161
Hydrographie	166
Végétation.....	166
Climatologie.	166
Géographie humaine.....	166
Géographie économique..	166
Voies de communication	166

CHAPITRE PREMIER

LE CADRE GÉOLOGIQUE DU COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE DE L'IHARANDAHY

A. — STRATIGRAPHIE DES SCHISTES CRISTALLINS.....	167
La Série de Tolongoïna.....	167
La Série de Vondrozo.....	168
B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DE LA SÉRIE DE TOLONGOINA	168
1) <i>Les ectinites</i>	168
Gneiss à biotite.	168
Gneiss à hypersthène.....	168
Gneiss à amphibole.....	169
Quartzites.....	169
Pyroxénoamphibolites	169
Pyroxénites calcomagnésiennes	169
2) <i>Les migmatites</i>	169
C. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DE LA SÉRIE DE VONDROZO.	170
1) <i>Les migmatites</i>	170
2) <i>Les ectinites</i>	171
Gneiss.	171
Quartzites.....	171
Amphibolopyroxénites	171
Amphibolites.	172

D. — ORIGINE PROBABLE DES DIFFÉRENTES SÉQUENCES.....	172
E. — ZONÉOGRAPHIE DES SCHISTES CRISTALLINS.	173
F. — GRANITES ANCIENS.....	174
Granites à gros éléments.....	174
Granites tardimigmatiques	174
Granites « Ambatomiranty ».....	174
Granites à orthite.	174
G. — TECTONIQUE.....	174
Tectonique souple.	174
Tectonique cassante.	174
H. — RESSOURCES MINÉRALES	175

CHAPITRE II

LE VOLCANISME CRÉTACÉ

A. — FILONS DIABASIQUES	177
B. — COULÉES VOLCANIQUES.....	178

CHAPITRE III

LE COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE DE L'IHARANDAHY

A. — LOCALISATION	179
B. — LE MASSIF GABBRO-AKÉRITIQUE	180
1) <i>La ceinture akéritique</i>	180
2) <i>Le noyau gabbroïque</i>	180
3) <i>Caractère intrusif du massif gabbro-akéritique et structure annulaire</i>	181
4) <i>Autres structures annulaires à Madagascar et en Afrique</i>	181
Région de Tsaratanana	181
Région du Cap Saint-André	181
Presqu'île d'Ampasindava.	182
Cameroun.	182
Iles de Los.	182
C. — LES ROCHES FILONIENNES	182
D. — PÉTROGRAPHIE DES ROCHES DU MASSIF	182
1) <i>Les granites akéritiques</i>	183
2) <i>Les gabbros</i>	184
Les plagioclases.	185
Le pyroxène.....	185
L'olivine	185
La hornblende brune	185
Mineral.	185
<i>Composition chimique des gabbros</i>	186
3) <i>Comparaison entre les roches du massif de l'Iharandahy et celles des massifs de la région du Cap Saint-André</i>	187

	Pages
<i>E.</i> — PÉTROGRAPHIE DES ROCHES FILONIENNES.	188
1) <i>Microdiorites</i>	188
2) <i>Labradorites</i>	189
3) <i>Syénites néphéliniques</i>	189
4) <i>Microessexites</i>	192
5) <i>Essexites, théralites</i>	192
<i>F.</i> — CARACTÈRES MAGMATIQUES DES ROCHES DU COMPLEXE	193
<i>G.</i> — ESSAI DE CHRONOLOGIE.	196
CONCLUSION	199
BIBLIOGRAPHIE	201
PLANCHES HORS-TEXTE :	
FIGURES.....	203
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	209
RÉPERTOIRE DES PLANCHES HORS-TEXTE	215

ACHEVÉ D'IMPRIMER
le 30 septembre 1965
PAR L'IMPRIMERIE
G. DE BUSSAC
CLERMONT - FERRAND

DEUXIÈME THÈSE

Proposition donnée par la Faculté

LE COMPLEXE GABBRO-SYÉNITIQUE DE L'IHARANDAHY
ET SON CADRE GÉOLOGIQUE
DANS LA RÉGION DE MANAKARA A MADAGASCAR

VU ET APPROUVÉ :

Clermont-Fd, le 5 août 1960.

Le Doyen :

R. TRUFFAULT.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Clermont-Fd, le 19 août 1960.

Le Recteur de l'Académie de Clermont

PIERRE LOUIS.

